

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

## **Návrh výpočtů nákladů v procesu svařování**

### **Welding Cost Calculation**

**Student:**

**Diana Hojgrová**

**Vedoucí práce:**

**Ing. Vladislav Ochodek**

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## Zadání bakalářské práce

Student: **Diana Hojgrová**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh kalkulace nákladů v procesu svařování**  
**Welding Cost Calculation**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu nákladů při svařování.
2. Navrhněte zjednodušený model výpočtů nákladů formou aplikace v tabulkovém editoru.
3. Proveďte ověření navrženého modelu na souboru reálných svařenců.
4. Proveďte diskusi dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:


ASM. Handbook vol. 6, *Welding, Brazing, Soldering*. ASM 2001.  
SYNEK, M. *Podniková ekonomika, 5. přepracované a doplněné vydání*. Nakladatelství CH Beck, 2010.  
KRÁL, B. a kol. *Manažerské účetnictví*, 1. vyd. Praha: Management Press, 2002, ISBN 80-7261-062-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladislav Ochodek**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

  
Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.  
vedoucí katedry



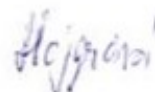
  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

**Místopřisežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18. 5. 2018

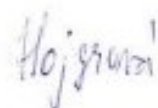
Podpis studenta



Prohlašuji, že:

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 18. 5. 2018

podpis studenta 

Jméno a příjmení autora práce: Diana Hojgrová

Adresa trvalého pobytu autora práce: Chromeč 85  
789 01

**ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

HOJGROVÁ, D. *Návrh výpočtu nákladů v procesu svařování: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2018, 49 s. Vedoucí práce: Ochodek, V.

Bakalářská práce se zabývá vlastním návrhem jednoduchého modelu výpočtu nákladů při procesu svařování a realizuje jej na pozadí v MS Excel. Dále se práce zaměřuje na rozdělení základního materiálu pro svařování a na dělení přídavného materiálu pro svařování. Také se práce zabývá druhy a funkcemi ochranných plynů pro svařování a základními metodami svařování. Pomocí vytvořeného modelu výpočtu mohou malé firmy kontrolovat své výpočty pro svařované konstrukce.

**ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

HOJGROVA, D. *Welding cost calculation: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2018, 49 p. Thesis head: Ochodek, V.

This bachelor thesis deals with its own design of a simple model for calculating welding related costs utilizing MS Excel. Furthermore, the thesis focuses on sorting the basic material for welding as well as sorting the additional welding material. The thesis also deals with the types and functions of the shielding gases for welding and basic methods of welding. Thanks to the created costs calculations model small-size companies can control their calculations for welded frames.

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| Seznam použitých značek a symbolů .....                            | 7  |
| Úvod.....  | 8  |
| 1    Analýza nákladových položek v procesu svařování .....         | 9  |
| 1.1    Základní materiál .....                                     | 9  |
| 1.2    Technologie svařování .....                                 | 13 |
| 1.3    Přídavný materiál .....                                     | 14 |
| 1.4    Ochranné plyny při svařování .....                          | 17 |
| 1.5    Energie .....   | 19 |
| 2    Představení firmy A .....                                     | 20 |
| 2.1    Svařování ve firmě A .....                                  | 22 |
| 3    Obecný postup výpočtu nákladů svařených dílů ve firmě A ..... | 23 |
| 4    Výpočet nákladů dílů Cover a Kostra .....                     | 28 |
| Závěr .....  | 44 |
| Seznam použité literatury .....                                    | 46 |
| Seznam obrázků .....   | 48 |
| Seznam tabulek .....   | 49 |

## Seznam použitých značek a symbolů

ČSN – Československé státní normy

EN – Evropské normy

GMAW – svařování tavící se elektrodou v ochranném plynu (MAG, MIG...)

MAG – obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu (metoda 135)

MIG – obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu (metoda 131)

MJ – měrná jednotka

MOQ – Minimum order quantity (minimální objednávkové množství)

SAW – svařování pod tavidlem (metoda 12)

TAM – Technological Assembly Manual (technická montážní příručka)

TIG, WIG – obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu (metoda 141)

WPS – Welding procedure specifications (specifikace postupu svařování)

## Úvod

Bakalářská práce se zabývá náklady na svařování a jejím cílem je vytvoření jednoduchého modelu výpočtu nákladů při procesu svařování v MS Excel. Tento jednoduchý model je vhodný pro malé firmy pro zpřesnění svých kalkulací v tomto procesu. V práci jsou srovnány dvě ceny svařenců, jedna cena byla vypočtena pomocí vytvořeného modelu výpočtu v MS Excel a tato cena byla srovnána s kalkulační cenou svařenců, vypočtenou v malé firmě, která nemá k dispozici žádný výpočtový modul či kalkulační aplikaci.

Svařování je jedna z nejčastěji používaných strojírenských technologií a používá se téměř ve všech výrobních oborech. Díky postupnému vývoji nových metod je význam a podíl svařování ve strojírenství stále rostoucí. Mnohé metody této technologie mají široké využití, a naopak jsou takové metody, které jsou vhodné pouze pro specifické účely.

Pro stanovení přesné ceny svařování jsou dostupné mnohé kalkulační aplikace. Nicméně se jedná o finančně nákladnější položky. Tyto aplikace jsou vhodné pro střední či velké firmy. Malé firmy, pro které jsou tyto finanční položky nepředstavitelné, se uchylují k výpočtu nákladů svařování odhadem. Odhadnutí celkových nákladů na tento proces ale není mnohdy lehkým úkolem, a to kvůli mnoha proměnným hodnotám. Musí být znám typ a velikost svarového spoje a dále vhodná metoda svařování.

Svařovací náklady se dělí na dvě kategorie, a to na fixní (pevné) náklady a proměnné náklady. Mezi pevné náklady se může řadit manipulace se svařovaným materiálem, předeřev, čištění či kontrola svaru. Nezáleží přitom na druhu svařování nebo na svařovacích parametrech, i když je samozřejmé, že některé položky nákladů budou ovlivněny specifickým procesem. Tyto náklady jsou nezbytnou součástí prakticky všech svařovacích operací. Mezi proměnné náklady patří energie, která se spotřebuje při svařování, práce operátora, spotřeba základního a přídavného materiálu či spotřeba ochranného plynu při svařování. Spotřebu přídavného materiálu výrazně ovlivňuje typ a velikost svaru a účinnost elektrody [1].

V průmyslových velmocích světa jako jsou Spojené státy americké, Německo nebo Japonsko velkou část nákladů ve svařovacím procesu tvoří základní materiál a manuální práce. Dále 9 % z celkových nákladů tvoří spotřeba přídavného materiálu a ochranného plynu při svařování, 4 % tvoří zařízení a 2 % nákladů produkují energie, která se spotřebuje při svařování [2].



## 1 Analýza nákladových položek v procesu svařování

Při analýze nákladu v procesu svařování se musí celkové náklady rozdělit na dvě základní skupiny. První skupinou jsou přímé náklady. Do přímých nákladů lze zahrnout základní materiál, přídavné materiály a ochranné plyny, které se používají u mnoho metod svařování. Největší skupina nákladů jsou režie, kam spadají všechny výdaje, které jsou nutné pro chod dílny (haly). Do režie se zařazují náklady na pořízení strojů, ochranné pomůcky, větrání prostoru, osvětlení, pojištění, mzdy, různá oprávnění a certifikáty či školení svářečů.

### 1.1 Základní materiál

Základní materiál volí konstruktér, a to podle požadavků, které má daný výrobek splňovat. Záleží na chemickém složení a na mechanických a technologických vlastnostech. Na zvolený materiál jsou kladeny požadavky na ohyb, tah, tlak, smyk nebo krut. Svařovat se mohou například plechy, ocelové profily, tyče, dráty nebo trubky.

Ve firmě A, což je malá firma, jejíž představení je v kapitole 2, používá pro svou výrobu mnoho materiálů, ale nejvýrazněji se vyrábí z ocelových materiálů. Používají se zde hlavně konstrukční oceli a nerezové oceli.

Ocel je slitinou železa a dle chemického složení se ocel skládá ze železa, uhlíku a legujících prvků. Právě podle obsahu legujících prvků se oceli dělí na nelegované, nízkolegované a vysoce legované oceli.

Nelegované oceli obsahují pouze železo, uhlík a doprovodné prvky – zde se jedná o mangan, síru, fosfor a křemík. Nelegované oceli se dělí na tři podskupiny:

Tabulka 1 Rozdělení nelegovaných ocelí [3]

|                              |   |
|------------------------------|---|
| oceli obvyklých jakostí<br>B | nejméně kvalitní, nejsou určené k tepelnému zpracování      |
| jakostní oceli Q             | částečně předepsané chemické složení                        |
| ušlechtilé oceli S           | předepsané chemické složení, vhodné ke tepelnému zpracování |

Obecně se oceli označují několika způsoby. Standardně by se na výkresech mělo používat označení ČSN nebo EN. Velmi často se značí i podle jiných norem například DIN, Wr.Nr. Nicméně lze nalézt i staré označení ČSN, například místo označení S235 bylo dříve označení 11 373. Nové označení nelegovaných ocelí:

- oceli obvyklých jakostí (B),
- nelegované jakostní oceli (Q),
- nelegované ušlechtilé oceli (S).

Nejběžnější typy nelegovaných ocelí, které se používají ve strojírenství, ať už při svařování, obrábění nebo tváření, jsou oceli S235, S355, DC01 a C45. Zde se jedná o označení dle normy EN. Oceli typu S235 a S355 jsou vhodné jak ke svařování, tak i k obrábění či tváření za studena (lisování), a to díky svým mechanickým vlastnostem a ceně. Cena těchto ocelí se pohybuje kolem 15 Kč za 1 kilogram oceli. Naopak ocel typu DC01 je vhodná především k lisování – tváření za studena, taktéž jde o cenově dostupnější ocel a cena za 1 kilogram pohybuje kolem 18 Kč. U cen všech ocelí záleží na tvaru, zda se jedná o plech a jaké tloušťky, o trubky, tyče či ocelové profily, ale nejsou zde tak velké rozdíly, které stojí za zmínku. Jedná se o rozmezí  $\pm 2$  Kč na 1 kilogram oceli. Ocel s označením C45 je kvalitnější než výše uvedené oceli. Má téměř dvojnásobnou mez pevnosti než ocel S235. Také je dražší, ale ne markantně, jedná se o cenu okolo 25 Kč za 1 kilogram. Tato ocel se nejčastěji používá pro výrobu hřídelí, tedy má největší využití v oblasti obrábění. Taktéž ocel typu C35 se používá pro své mechanické vlastnosti v oblasti obrábění. Ceny vybraných ocelí, které byly získány z výběrových řízení ve firmě A, jsou uvedeny v tabulce 2:

Tabulka 2 Současné ceny nelegovaných ocelí

| Ceny nelegovaných ocelí |        |
|-------------------------|--------|
| Druh oceli - EN         | CZK/kg |
| S235                    | 15     |
| S355                    | 15     |
| DC01                    | 18     |
| C45                     | 25     |

Přehled nejpoužívanějších nelegovaných ocelí a jejich mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 3:

Tabulka 3 Značení a mechanické vlastnosti nelegovaných ocelí [3,4]

| Značení nelegovaných ocelí |             |            |         |        | Mechanické vlastnosti nelegovaných ocelí |          |                       |
|----------------------------|-------------|------------|---------|--------|--|----------|-----------------------|
| Wr.Nr                      | DIN         | EN 10027-1 | EN      | ČSN    | R <sub>m</sub> [MPa]                     | Re [MPa] | Tažnost [%]           |
| 1.0036                     | St 37-2     | S235JRG1   | 10025   | 11 373 | 370                                      | 250      | A <sub>10</sub> =7    |
| 1.0330                     | St 2; St 12 | DC01       | 10130   | 11 321 | 300                                      | 280      | A <sub>80</sub> =28   |
| 1.0570                     | St 52-3 N   | S355JG3    | 10025   | 11 523 | 510                                      | 355      | A <sub>10</sub> =22   |
| 1.0503                     | C45         | C45        | 10083-2 | 12 050 | 600                                      | 340      | A <sub>10</sub> =16   |
| 1.1181                     | Ck35        | C35E       | 10083-1 | 12 040 | 650                                      | 350      | A <sub>10</sub> =8-25 |

Mezi nízkolegované oceli, dle starého značení, řadíme oceli tříd 14,15 a 16. Dle nového značení ČSN EN 10-027-2 se jedná o oceli například 1.7715 (15 128), 1.7276 (15 412) atd. Mají podobné chemické složení jako nelegované oceli s tím rozdílem, že nízkolegované oceli

obsahují legující prvky. Mezi legující prvky patří chrom, molybden, nikl, mangan a vanad. Legující prvky v chemickém složení oceli zaručují lepší mechanické vlastnosti ocelí a zlepšují se odolnost proti korozi. Tyto oceli se nejčastěji používají u dílů, kde se vyžaduje velká pevnost v tahu a dostatečná tažnost – ozubená kola, hřídele, pastorky – tedy pro obráběné součásti. Nicméně tyto oceli mají dobrou svařitelnost, takže se využívají i v oblasti svařování. U nízkolegovaných ocelí se ceny výrazně liší, konkrétně u oceli 42CrMo4 se cena za 1 kilogram pohybuje kolem 24 Kč. Není ale výjimkou, že speciální tyče těchto ocelí se cenou dostávají až na trojnásobek – tyč šestihranná 13 mm 75 Kč za 1 kilogram. Ocel 25CrMo4 se prodává v plechových tabulích i v metrových tyčích – plechová tabule 2x1000x2000 mm, prodejní cena 9 680 Kč, tedy 308 Kč za 1 kilogram.

Tabulka 4 Současné ceny nízkolegovaných ocelí

| Ceny nízkolegovaných ocelí |        |
|----------------------------|--------|
| Druh oceli - EN            | CZK/kg |
| 42CrMo4                    | 24     |
| 25CrMo4                    | 308    |

Přehled nejpoužívanějších nízkolegovaných ocelí a jejich mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 5:

Tabulka 5 Značení a mechanické vlastnosti nízkolegovaných ocelí [5, 6]

| Značení nízkolegovaných ocelí |       |           |      |        | Mechanické vlastnosti nízkolegovaných ocelí |          |                       |              |
|-------------------------------|-------|-----------|------|--------|---|----------|-----------------------|--------------|
| Wr.Nr                         | DIN   | EN 10083  | ASTM | ČSN    | Rm [MPa]                                    | Re [MPa] | Tažnost [%]           | Tvrdost [HB] |
| 1.7218                        | 17200 | 25CrMo4   | 4130 | 15 130 | 560   | 460      | A <sub>50</sub> =21,5 | 228          |
| 1.7225                        | 17200 | 42CrMo4   | 4140 | 15 142 | 1000  | 650      | A <sub>50</sub> =12   | 265–325      |
| 1.6523                        | 17210 | 21NiCrMo2 | 8620 | 14 140 | 900   | 490      | A <sub>7</sub> =11    | 161–212      |
| 1.1731                        |       | 16MnCr5   |      | 14 220 | 850   | 490      | A <sub>7</sub> =10    | 157–201      |

Mezi vysokolegované oceli se zařazují takové oceli s obsahem legujících prvků nad 10 %. Nejčastěji se oceli legují chromem a niklem. Jedná se o oceli vysokých tvrdostí (až 50 HRC). Kvůli rostoucí tvrdosti se snižuje obrobiteľnost. Vysokolegované oceli jsou vhodné pro výrobu lisovacích a obráběcích nástrojů, obráběcích strojů a hydraulické systémy [7].

Velkou výhodou těchto ocelí je vysoká korozivzdornost, žáruvzdornost a žárupevnost. Vysokolegované oceli se dělí podle struktury:

- austenitické,
- feritické,
- martenzitické,

- duplexní [7].

K vysokolegovaným ocelím patří i nerezové oceli, které se vyznačují vysokou korozivzdorností. Mezi nepoužívanější oceli patří oceli s označením dle ČSN EN 1.4306 a 1.4404. Cena obou těchto nerezových ocelí se pohybuje kolem 70 Kč za 1 kilogram. Cena závisí na typu polotovaru. Pokud se jedná o plechy obvyklých tloušťek či tyče obvyklých průměrů, lze uvažovat nad výše řečenou cenou 70 Kč za kilogram. Nicméně pokud by se jednalo o speciální polotovary, například o plochou tyč 35x25 jakosti AISI 316, cena by přesáhla hodnotu 240 Kč na 1 kilogram.

Tabulka 6 Současné ceny vysokolegovaných ocelí

| Ceny vysokolegovaných ocelí |        |
|-----------------------------|--------|
| Druh oceli - AISI           | CZK/kg |
| AISI 304L                   | 66     |
| AISI 316L                   | 74     |
| AISI 430                    | 51     |

Přehled nepoužívanějších vysokolegovaných ocelí a jejich mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce č. 7:

Tabulka 7 Značení a mechanické vlastnosti vysokolegovaných ocelí [8, 9]

| Značení vysokolegovaných ocelí |                 |      |        | Mechanické vlastnosti vysokolegovaných ocelí |          |                      |              |
|--------------------------------|-----------------|------|--------|--|----------|----------------------|--------------|
| Wr.Nr                          | DIN             | AISI | ČSN    | Rm [MPa]                                     | Re [MPa] | Tažnost [%]          | Tvrdost [HB] |
| 1.4000                         | X6Cr13          | 403  | 17 020 | 500  | 230      | A <sub>min</sub> =19 | 200          |
| 1.4016                         | X6Cr17          | 430  | 17 040 | 515  | 250      | A <sub>min</sub> =19 | 200          |
| 1.4301                         | X5CRNi18 10     | 304  | 17 240 | 625  | 215      | A <sub>min</sub> =40 | 215          |
| 1.4310                         | X12CrNi17 7     | 301  |        | 625  | 225      | A <sub>min</sub> =40 | 230          |
| 1.4401                         | X5CrNiMo17 12 2 | 316  | 17 346 | 610  | 220      | A <sub>min</sub> =35 | 200          |
| 1.4878                         | X5CrNiTi18 1    | 321  |        | 615  | 190      | A <sub>min</sub> =40 | 215          |

Hliník je ve strojírenství velmi významným kovem, a to díky svým vlastnostem. Jedná se o elektricky vodivý a velmi lehký materiál, který má ale velmi dobrou pevnost a tvrdost. Další vlastnost hliníku je jeho dobrá svařitelnost. Nejčastěji se svařuje metodami MIG a TIG, což jsou metody, kde se používá interní plyn. Nejvíce zastoupeným interním plynem je v tomto případě argon [10].

Hliník je nejčastěji značen normou EN. EN AW 1050 je označení téměř čistého kovu. Dle chemického složení AW 1050 obsahuje 99.5 % hliníku. Tento kov je velmi rozšířená nejen v oblasti strojírenství. Díky svým velmi dobrým vlastnostem lze tuto slitinu najít

i v automobilovém či leteckém průmyslu, ale kvůli vysoké houževnatosti není vhodný pro obrábění. U ceny za 1 kilogram této slitiny velmi záleží na typu polotovaru, například plech o tloušťce 8 mm stojí 1 kilogram této slitiny 94,40 Kč. Naopak plech o tloušťce 2 mm stojí daleko méně a to 73,10 Kč. Další velmi používaná slití hliníku je EN AW 5754, a to hlavně díky své vysoké odolnosti proti korozi a je též dobře svařitelný. Cena této slitiny je velmi podobná jako cena u AW 1050. Za 1 kilogram AlMg3 je cena 72,90 Kč [10].

Tabulka 8 Současné ceny hliníku a jeho slitin

| Ceny hliníku a jeho slitin |        |
|----------------------------|--------|
| Druh hliníku - EN          | CZK/kg |
| AW 1050                    | 80     |
| AW 5754                    | 73     |
| AW 1350                    | 77     |

Přehled nejpoužívanějších slitin hliníku a jejich mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 9:

Tabulka 9 Značení a mechanické vlastnosti slitin hliníku [11, 12]

| Značení slitin hliníku |         |                |        | Mechanické vlastnosti hliníku |          |                        |
|------------------------|---------|----------------|--------|-------------------------------|----------|------------------------|
| EN                     | ČSN     | Hutní označení | DIN    | Rm [MPa]                      | Re [MPa] | Stav                   |
| AW 1050                | 42 4005 | Al 99,5        | 3.0255 | 65–95                         | 20       | mekký                  |
| AW 2017                | 42 4201 | AlCu4MgSi      | 3.1325 | 225                           | 145      | měkký                  |
| AW 5050                | 42 4402 | AlMg1,5        | 3.3316 | 175–215                       | 135      | polotvrdý              |
| AW 5754                | 42 4413 | AlMg3          | 3.3535 | 190–240                       | 80       | měkký                  |
| AW 6060                | 42 4401 | AlMgSi         | 3.3206 | 215                           | 160      |                        |
| AW 6082                | 42 4400 | AlMgSi1Mn      | 3.2315 | 205                           | 110      | přírozně<br>vystárnutý |

## 1.2 Technologie svařování

Technologie svařování se dělí na dvě základní metody. Jedná se o tavné a tlakové svařování. Tavné svařování vyžaduje k vzniku nerozebíratelného spojení tepelný zdroj, který nataví plochy kovů, které mají být spojeny, a to bez nebo s přídavným materiálem. Tlakové svařování využívá proces plastické deformace svarových ploch a často také využívá také tepelné zdroje. Obvykle se při tlakovém svařování přídavný materiál nepoužívá [13].

Výběr metod tavného svařování:

- obloukové svařování – ručně obalenou elektrodou 111, v ochranných atmosférách MIG 131, MAG 135, TIG 141,
- plamenové svařování,

- plazmové svařování,
- laserové svařování [13].

Výběr metod tlakového svařování:

- odporové svařování – bodové, stykové, švové, výstupkové,
- svařování tlakem za studena,
- třením
- výbuchové svařování
- kovářské svařování [13].

Nejčastějším svařovaným základním materiálem je ocel. Ocel se běžně svařuje metodami obloukového svařování – metodami MAG a TIG, méně často metodou MIG. U těchto metod se jako přídavný materiál přidává svařovací drát nebo elektroda. Jako další metoda obloukového svařování – svařování obalenou elektrodou – metoda 111 se používá často při svařování na těžko přístupných místech či venku na montážích.

Velmi často se v dnešní době firmy, které se zabývají svařováním, přiklání k automatizované výrobě – tedy ke svařování robotem. Důvody jsou rychlejší, levnější a efektivnější svařování a také menší zmetkovitost výrobků.

Ve firmě A mezi nejčastější metody svařování patří MAG – metoda 135 a svařování automatizovaným svařovacím robotem.

### 1.3 Přídavný materiál

Přídavný materiál se volí podle metody svařování a podle základního materiálu. Zpravidla se volí materiál podobného chemického složení jako materiál základní. Je nutné ale brát v úvahu i ostatní požadavky, tedy i mechanické vlastnosti, polohu svařování, velikost svaru (čím větší svar, tím větší průměr přídavného materiálu).

Přídavné materiály jsou ve formě obalených elektrod, tavidel a svařovacích drátů. V dnešní době se svařovací drát používá častěji než elektrody, a to z důvodů efektivity, ceny, rychlosti svařování a vzhledu svaru. Všechno tento přídavný materiál se ještě dále dělí. Elektrody se dělí podle obalu, podle způsobu výroby, složení a použití. Obal elektrod může být bazický, rutilový, kyselý, rutil-bazický a vysokovýtěžkový rutilový obal. Tyto elektrody se nejčastěji používají u svařování metodou 111 (ruční obloukové svařování obalenou elektrodou), 131 MIG nebo 135 MAG. Dále jsou wolframové elektrody, ty se používají při metodě svařování TIG. Wolframové elektrody se značí velkým písmenem W a tyto elektrody se vyrábí ze spékaného wolframu. Nejčastěji se vyrábějí bez příměsí, a to o čistotě 99,9 % W. Jako přísady do wolframových elektrod se používají legované oxidy, které snižují teplotu ohřevu elektrody o 1000 °C a zvyšují životnost elektrod [14, 15].

Svařovací dráty se rozdělují podle základního materiálu, podle svého chemického složení, dále se svařovací dráty rozdělují na plné dráty MIG/MAG, či plné dráty WIG (TIG) a na trubičkové dráty. Dráty jsou dodávány v cívkách a standardní cívka drátu váží 15 kg. Výrobci ale dodávají cívky drátu výjimečně i jiných hmotností a to jak 5 kg, 30 kg tak i dokonce cívky drátu o 100 kg hmotnosti. Svařovací dráty stejně jako elektrody mají různý průměr. Tyto průměry se pohybují od 0,6 mm do 2,4 mm, ale nejčastěji používané průměry drátů jsou v rozmezí 0,8 – 1,6 mm. Dráty jsou hladce tažené nebo mohou být poměděné – s vyšší odolností proti oxidaci [14, 15].

Tabulka 10 Průměry a délky elektrod [14]

| <b>Elektrody</b>       |                       |
|------------------------|-----------------------|
| <b>průměr<br/>[mm]</b> | <b>délka<br/>[mm]</b> |
| 1,6                    | 300                   |
| 2,0                    | 300                   |
| 2,5                    | 350                   |
| 3,2                    | 350, 450              |
| 4,0                    | 350, 450              |
| 5,0                    | 450                   |
| 6,0                    | 450                   |

Tabulka 11 Průměry drátů [14]

| <b>Dráty</b>           |
|------------------------|
| <b>průměr<br/>[mm]</b> |
| 0,6                    |
| 0,8                    |
| 0,9                    |
| 1,0                    |
| 1,2                    |
| 1,6                    |
| 2,0                    |
| 2,4                    |

Obalené elektrody jsou kovové tyčinky, které jsou obaleny obalovou hmotou. Základem tohoto obalu je usnadňování svařování, zlepšovat produktivitu svařování a zvyšovat kvalitu svaru. Obal obsahuje látky, které zamezují škodlivému vlivu vzdušné atmosféry. Elektrody se také jako svařovací dráty dělí dle průměrů [14].

Elektroda se vyrábí pomocí tažení drátu, který se dále rovná a stříhá na požadovanou délku, nejčastěji 300, 350 nebo 450 mm. Mezi důležitou vlastnost elektrod patří výtěžnost. Udává

se v % a je to zjednodušeně řečeno poměr množství materiálu v elektrodě k materiálu extrahovanému (v houseince). Výtěžnost vybraných elektrod lze nalézt v tabulce 12 [14].

Tabulka 12 Výtěžnost vybraných elektrod [14]

| Druh elektrody | Průměr elektrody [mm] | Výtěžnost elektrody [%] |
|----------------|-----------------------|-------------------------|
| E-K 103        | 2,5                   | 84                      |
| E-B 127        | 2,5                   | 110                     |
| OK 43.32       | 2,5                   | 94                      |
| OK 48.00       | 2,0                   | 123                     |
| OK 48.00       | 2,5                   | 130                     |

Spotřebu přídavného materiálu lze spočítat v mnoha aplikacích či kalkulačkách. Pro příklad byla zvolena kalkulačka Boehler. Nejdříve je nutné vybrat metodu svařování, jsou zde na výběr metody SMAW, GMAW (MIG/ MAG/ TIG) nebo SAW. Po výběru metody svařování se objeví tabulka se 14 typy svarů. Po výběru určitého typu svaru se objeví tabulka, kde se zadávají parametry pro výpočet spotřeby přídavného materiálu pro určitý typ svaru a metody svařování. Samozřejmě, že čím náročnější svar, tím více parametrů je nutné zadat. Na obrázku 2 lze vidět, že pro koutový svar je nutno vyplnit šest parametrů. Naopak pro oboustranný U svar je nutno vyplnit dvojnásobek parametrů [16].

« Step 1: selected process: GMAW (MIG / MAG / TIG)

Step 2: Please select a weld preparation

Step 3: Enter your values for the calculation

Please use decimals separated by a dot!

dimensions

seam thickness (a)  mm

seam thickness (b)  mm

reinforcement (h)  mm

seam length (l)  m

penetration (e)  0 mm

Steel (7.85 g/cm³)

seam cross section  cm²

seam weight  kg

volume  cm³

Calculate requirement

Obrázek 1 Tabulka pro vyplnění parametrů pro koutový svar [16]



**Step 2: Please select a weld preparation**

**Step 3: Enter your values for the calculation**

Please use decimals separated by a dot!

**double-U butt weld**

**dimensions**

sheet thickness (t)  mm

root gap (b)  0 mm

depth of root face (s)

top

groove depth (n)

reinforcement (h1)  0 mm

bottom

reinforcement (h2)  0 mm

seam length (l)  m

penetration (e)  0 mm

Steel (7.85 g/cm<sup>3</sup>)

angle of bevel (a1)

root radius (R1)

angle of bevel (a2)

root radius (R2)

seam cross section  cm<sup>2</sup>

seam weight  kg

volume  cm<sup>3</sup>

**Calculate requirement**

Obrázek 2 Tabulka pro vyplnění parametrů pro oboustranný U svar [16]

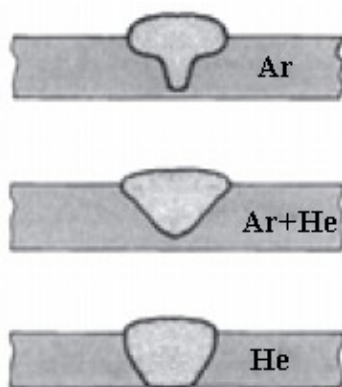
## 1.4 Ochranné plyny při svařování

Ochranné plyny mají při svařování několik důležitých funkcí. Nejdůležitější funkce těchto plynů je chránit elektrodu – přídavný materiál. Dále chrání kořen svaru a tavnou lázeň. Ochranné plyny ale mají také vliv na různé parametry svařování, mezi které patří rychlost svařování, průřez svaru, hloubka závaru atd. Ochranný plyn také ovlivňuje například tvar a rozměry oblouku, síly, které v oblouku působí, kvalitu, celistvost a mechanické vlastnosti svarového spoje, a to díky svému složení a množství plynu, které je při svařování použito.

Tabulka 13 Ochranné plyny při svařování

| Ochranné plyny |
|----------------|
| Argon          |
| Helium         |
| Oxid uhličitý  |
| Kyslík         |
| Vodík          |
| Dusík          |

V dnešní době se používají jako ochranný plyn nejčastěji směs argonu s oxidem uhličitým nebo kyslíkem [15].



Obrázek 3 Vliv ochranného plynu na průřez svaru [17]

Argon je jednoatomový, bezbarvý plyn, který nemá žádný specifický zápach. Jelikož se jedná o plyn, který lze použít jako ochranný plyn pro všechny svařitelné materiály, používá se nejčastěji. Také je cenově dostupnější než jiné plyny [15].

Po argonu další jednoatomový plyn, který je bezbarvý a bez zápachu je helium. Jedná se o velmi lehký plyn. Vyrábí se destilací ze zemního plynu, a to v Severní Americe z toho důvodu, že se zde množství hélia pohybuje kolem 9 %. Jelikož má helium podstatně vyšší tepelnou vodivost, oblouk se zapaluje hůře a při větší délce oblouku je oblouk nestabilní. Helium používáme především pro materiály větších tlouštěk jako je hliník a měď, jedná se tedy o materiály s vysokou tepelnou vodivostí [15].

Mezi inertní plyny patří tedy argon a helium a jejich směsi. Inertní plyny nemají vliv na chemické složení svarového kovu. Mezi aktivní plyny patří kyslík a oxid uhličitý. Aktivní plyny sice v menší míře, ale přesto, ovlivňují chemické složení svarového kovu. Tyto plyny se nejčastěji používají pro svařování ocelí metodou MAG. Aktivní plyny nejsou nikdy čisté, vždy se používají příměsi [15].

Oxid uhličitý je bezbarvý plyn, je nehořlavý a jeho bod varu je  $-78,45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Je těžší než vzduch, jelikož jeho hustota je  $1,976\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , kdežto hustota vzduchu je  $1,53\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Pokud by se asi 15 %  $\text{CO}_2$  nacházelo ve vzduchu, znamenalo by to pro člověka udušení. Jelikož obsah oxidů ve svaru je vysoký, není povrch svarové housenky rovnoměrný a vzniká zde vysoké převýšení [15].

Kyslík sice podporuje proces hoření, ale sám o sobě je nehořlavý. Jeho teplota varu při atmosférickém tlaku je  $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Stejně jako argon se vyrábí pomocí destilace vzduchu. Kyslík se používá ve směsích s argonem, oxidem uhličitým nebo héliem. Jako hlavní důvod, proč se kyslík přidává do ochranného plynu je ten, že výrazně zvyšuje tekutost svarové lázně a také zvyšuje povrchové napětí roztaveného kovu. Díky tomuto působení kyslíku se například zlepšuje odplynění svarové lázně [15].

Ochranné plyny se skladují v tlakových lahvích, které mají různý vodní objem a barvu – podle plynu, který v nich se stlačí. Argon se značí tmavě zelenou barvou, CO<sub>2</sub> se značí šedou barvou a helium se značí hnědou barvou. Objem lahví bývá standardně 50 litrů a tlak v láhvi při tomto objemu 20 MPa (200 barů). Lahve musí být zajištěny proti převrnutí a možnému poškození. Skladování těchto plynů musí být v dobře odvětraném uzavřeném prostoru [15].

Lahve s ochrannými plyny lze kupovat po jednotlivých lahvích nebo po svazkách. Cenově svazky lahví vyjdou levněji než jedna samotná lahev. Záleží na odebraném množství.

Tabulka 14 Současné ceny ochranných plynů

| Typ plynu                      | Svazek/láhev | CZK/l |
|--------------------------------|--------------|-------|
| 18 % CO <sub>2</sub> , 82 % Ar | svazek       | 17    |
| 18 % CO <sub>2</sub> , 82 % Ar | láhev        | 65    |
| Hélium 4.6                     | láhev        | 144   |
| Vzduch                         | láhev        | 14    |

Spotřeba plynu závisí na jeho průtoku při svařovacím procesu.

Tabulka 15 Průtok plynu pro různé materiály při různých metodách

| Materiál              | Průtok plynu [l/min] | Metoda svařování |
|-----------------------|----------------------|------------------|
| konstrukční ocel      | 15-18                | MAG              |
| nerezová ocel         | 20                   | MIG              |
|                       | 9                    | TIG              |
| hliník a jeho slitiny | 10                   | TIG              |
| měď                   | 10                   | TIG              |

## 1.5 Energie

Energie vyprodukují přibližně 2 % z celkových nákladů v procesu svařování. Náklady na energii závisí na množství svařovacího proudu a napětí, na efektivitě zdroje energie a na době svařování [1]. Ceny energií se udávají v CZK/kWh. Ve firmách se jedná o dlouhodobé závazky vůči dodavatelům energií, kteří na oplátku firmám zajišťují většinou bezkonkurenční ceny. Ve firmě A jsou náklady na energie (elektřina, osvětlení apod.) započítány do sazby, ze které se počítá cena pro svařování.

## 2 Představení firmy A

Firma A je strojírenská firma, která svým zákazníkům nabízí obrábění, lisování, svařování a povrchové úpravy. Kromě těchto strojírenských činností, nabízí také 3D kontrolu kvality.

Většina výrobků, které firma A vyrábí, nachází své použití v elektrotechnickém průmyslu, v automobilovém průmyslu či ve vodohospodářském průmyslu. Více než polovina výrobků směřuje na export – nejvíce odbytu v Německu. Další země, kam firma A vyváží své výrobky, jsou Francie, Itálie, Rumunsko a Vietnam.

Firma A byla založena v roce 1993 a zabývala se výrobou nábytkového kování a výsuvných roštů pro sedací soupravy. V té době začala firma na jednom středisku a se 45 zaměstnanci. V dnešní době se počet zaměstnanců téměř 5krát zvýšil, nyní se ve firmě nachází kolem 200 zaměstnanců, kteří se pohybují již na čtyřech střediscích.

Na jednom středisku je pouze obrábění a 3D kontrola kvality, na druhém středisku se nachází lisovna, lakovna a také svařovna. Na tomto středisku, kterému se říká „servis“ se vyskytuje celkem 15 svářeček (MAG – 9krát, TIG – 4krát a svařovací robot KUKA – 2krát), které obsluhuje 10 školených svářečů. Na třetím středisku se nachází nástrojárna a na čtvrtém středisku je oddělení dotací a sklad vybraných druhů hotových výrobků.

Ve firmě A na středisku „servis“ lze nalézt různé materiály, které se používají pro lisování a poté mnohdy pro svařování a povrchovou úpravu. Nejčastěji jsou používány oceli s označení DC01, S235 a C45. Samozřejmě se tu vyskytují i nerezové plechy s označením 1.4301 a 1.4401. Dále jsou tu měděné plechy, mosazné a hliníkové. Hliníkové plechy tu mají široké zastoupení. Dle EN se jedná o hliníky s označením AW 1050, AW 1350, AW 5754 nebo AW 2017. Co se týče tloušťek materiálů, tak je to velice individuální. Záleží na tom, o jaký druh materiálů se jedná, zda o ocel, měď, mosaz, hliník, nerezová ocel, pozinkovaná ocel atd. a dále záleží na tom, v jakém stavu je tento materiál dodáván, zda jako plech, svitek nebo tyč. U svitků se zde vyskytují materiály od tloušťky 0,2 mm do 4,6 mm. Samozřejmě ne pro každý materiál jsou takové tloušťky. Rozsah tloušťek svitků ve firmě A jsou uvedeny v tabulce 16:

Tabulka 16 Tloušťky svitků ve firmě A

| <b>Materiál svitku</b> | <b>Tloušťka svitku [mm]</b> |
|------------------------|-----------------------------|
| Hliník                 | 0,4–3                       |
| Měď                    | 0,2–6                       |
| Mosaz                  | 0,4–3                       |
| Ocel                   | 0,3–4,6                     |
| Ocel pozinkovaná       | 0,5–3                       |

V případě plechů se jedná o tloušťky v rozmezí 0,5 – 10 mm, ale také záleží, stejně jako u svitků, na tom, o jaký konkrétní materiál se jedná. Například ocelové plechy se zde nachází od tloušťky 0,5 mm do 10 mm, ale tady v tomto případě ještě záleží na jakosti plechu, kterou zákazník vyžaduje. To stejné s hliníkovými plechy, také záleží na jakosti plechu, kterou zákazník vyžaduje.

Tabulka 17 Tloušťky plechů ve firmě A

| <b>Materiál plechu</b>               | <b>Tloušťka plechu [mm]</b> |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Hliník AW 1050<br>AW 5754<br>AW 1350 | 0,5–8                       |
| Měď Cu ETP R240                      | 0,5–6                       |
| Mosaz CuZn37                         | 0,8–5                       |
| Ocel S235                            | 1,5–10                      |
| Bronz CuSn6                          | 0,5–0,8                     |
| Nerezová ocel AISI 304, AISI 316     | 0,5–8                       |
| Ocel DC01                            | 0,5–3                       |
| Ocel C45                             | 1–6                         |
| Ocel pozinkovaná                     | 0,55–4,5                    |

Tyče se ve firmě A ještě dělí na tři skupiny: na tyče, kruhové, ploché a šestihranné.

Tabulka 18 Průměry kruhových tyčí

| <b>Materiál kruhových tyčí</b>       | <b>Průměr kruhových tyčí [mm]</b> |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Hliník AW 1050<br>AW 5754<br>AW 1350 | 10–90                             |
| Měď Cu ETP R240                      | 30–75                             |
| Mosaz CuZn37                         | 8–30                              |
| Nerezová ocel AISI 304, AISI 316     | 6–50                              |
| Ocel S235                            | 5–60                              |

Tabulka 19 Vybrané rozměry plochých tyčí

| <b>Materiál plochých tyčí</b>        | <b>Vybrané rozměry plochých tyčí [mm]</b> |
|--------------------------------------|---|
| Hliník AW 1050<br>AW 5754<br>AW 1350 | 25×10, 50×30                              |
| Měď Cu ETP R240                      | 20×5, 25×8, 30×10, 40×10                  |
|                                      | 50×5, 60×6, 75×15                         |
|                                      | 80×15, 100×5, 120×10                      |
| Ocel S235                            | 10×3, 25×5, 30×6, 40×25, 50×25            |
|                                      | 70×20, 80×6, 100×16, 120×12               |
|                                      | 150×15, 160×2                             |
| Nerezová ocel AISI 304, AISI 316     | 25×6, 30×8, 35×25, 40×15                  |

Tabulka 20 Rozměry šestihranných tyčí

| <b>Materiál šestihran. tyčí</b> | <b>Rozměr šestihran. tyčí</b>     |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Ocel konstrukční                | 8 mm, 10 mm, 12 mm, 13 mm, 14 mm, |
|                                 | 17 mm, 19 mm, 27 mm               |
| Nerezová ocel                   | 27 mm                             |
| Mosaz CuZn37                    | 13 mm, 19 mm                      |

## 2.1 Svařování ve firmě A

Ve firmě A se svařují všechny výše jmenované materiály od hliníku po nerezovou ocel. Nejčastěji se ale zde svařuje ocel, a to převážně metodou MAG (označení 135), což je metoda obloukového svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu, kde se jako aktivní plyn používá plyn Ferroline. Tento plyn je směs plynů, obsahuje 18 % CO<sub>2</sub>, zbytek je argon. Ocel se dále svařuje automatizovaným svařovacím robotem KUKA. Dále se zde svařují nerezové oceli metodami MIG a TIG. U méně používané metody 131 (metoda MIG – obloukové svařování v inertním plynu) se jako inertní plyn používá plyn Inoxline, který obsahuje 2,5 % CO<sub>2</sub>, zbytek argon. Nerezové oceli se zde častěji svařují metodou 141 (TIG – obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu), kde se jako inertní plyn používá 100 % argon. Jak je uvedeno výše, svařuje se zde i hliník, a to jak metodou TIG, tak i metodou MIG. U obou metod se jako inertní plyn používá 100 % argon.

### 3 Obecný postup výpočtu nákladů svařených dílů ve firmě A

Náklady svařovaných dílů můžeme rozdělit na tři části. První část je cena materiálu a práce na lisech. Druhá část výpočtu nákladů se skládá z nákladů na svařování. Třetí částí je povrchová úprava výrobků.

Většina dílů, které se ve firmě A svařují, se začínají vyrábět na hale náhradní technologie, což je označení pro halu, kde se nachází stroje:

- TruLaser Fiber 3030 (pálení laserem),
- TruBend (ohraňovací lisy),
- TruPunch 5000 (děrovací stroj),
- TruPunch 3000 (děrovací stroj).



Obrázek 4 TruPunch 3000 ve firmě A



Obrázek 5 TruBend 5130 ve firmě A

První část kalkulace dílů začíná na náhradní technologii a na zámečnické dílně. Na náhradní technologii jsou pro technologa, který díly kalkuluje, k dispozici programátoři. Tito programátoři programují NC programy rozvinů dílů, které se posílají do lisovacích strojů, podle kterých se poté vyrábí. První úkol technologa je zajistit rozvin dílu, který programátor potřebuje. Rozviny dílů se standardně zajišťují ve formátu DXF. Pokud daný zákazník nemá k dispozici tento soubor, je nutné, aby technolog dle výkresu překreslil díl do 3D modelu, ze kterého lze daný formát DXF vytvořit. Ve firmě A se jako 3D program používá Autodesk Inventor. Dle výkresu musí technolog určit další výrobní operace – pokud díl nekončí pouze vylišováním. Jako další operace se na hale náhradní technologie provádí broušení, omílání dílů, zakružování plášťů a ohnutí dílů. Dále se do kalkulace započítávají i zahlužení, prolisy, závity a lisování spojovacích prvků.

K dispozici má technolog tabulku pro své výpočty. První část tabulky je výpočet materiálu.

| Číslo výkresu | Jakost nabízeného materiálu | Formát použité tabule plechu | Váha tabule | Cena za kg plechu | Čistá váha 1ks | Počet ks na tabuli | Odpad   | Cena materiál |
|---------------|-----------------------------|------------------------------|-------------|-------------------|----------------|--------------------|---------|---------------|
|               | Fe DC01                     | 1,5x1250x2500                | 39,79       | 18,8 Kč           | 1,555          | 14                 | 2,57 Kč | 50,81 Kč      |

Obrázek 6 Kalkulace materiálu pro daný výrobek

Z NC programu zjistí formát tabule, jakost materiálu, čistou váhu kusu a počet kusů na tabuli. Dále je nutné zjistit cenu za 1 kg daného materiálu. Tuto cenu lze zjistit přes oddělení strategického nákupu, který pro materiály vyhlašují výběrová řízení. Co se týče odpadu materiálu, je nutno nastavit výkupní cenu pro určitý materiál.



Tabulka 21 Současná výkupní cena pro dané materiály

| Materiál        | Výkupní cena [CZK/kg] |
|-----------------|-----------------------|
| ocel nelegovaná | 2-3                   |
| nerezová ocel   | 30                    |
| slitiny hliníku | 20                    |
| čistý hliník    | 30                    |
| měď             | 10                    |
| mosaz           | 60                    |
| bronz           | 99                    |

Druhá část tabulky obsahuje cenu za práci na náhradní technologii a na zámečnické dílně. Stojní čas pro stroje TruPunch či TruLaser jsou známy z NC programu. Tarif pro vysekávací lis je 19 CZK/min a pro termické pálení laserem 35 CZK/kg. Dále je nutno zohlednit další výrobní operace jako broušení dílu, lisovací prvky, prolisy či závity a ohyb. Pro tyto operace se žádný NC program neprogramuje. Záleží na složitosti dílce. Strojní čas na jeden ohyb bývá kalkulován na 0,3 min, ale je zde nutno zohlednit složitost ohybu. Broušení závisí na ploše dílu. Pokud se na výrobku nachází lisovací prvky, bývá standardně norma 0,2 min/1 ks spojovacího materiálu. Tato stejná norma se používá i pro výrobu prolisů. Pokud jsou na dílu závity, norma závisí na velikosti závitu a na tloušťce vrtaného materiálu.

| Počet seřízení | Cena seřízení | Strojní čas | Tarif (Kč/min) | Cena LASER / PUNCH | Odjehlení | Lisovací prvky | Závity | Prolisy | Ohyb    | Celkem    |
|----------------|---------------|-------------|----------------|--------------------|-----------|----------------|--------|---------|---------|-----------|
| 2              | 180 Kč        | 0,73        | 19 Kč          | 18,03 Kč           | 0,00      | 0 Kč           | 0 Kč   | 0,0 Kč  | 32,0 Kč | 101,20 Kč |

Obrázek 7 Kalkulace práce na NT a zámečnické dílně pro daný díl

Kalkulace svařování je závislá na typu svaru a jeho velikosti, na převýšení, na velikosti mezery, na druhu a tloušťce svařovaného materiálu. Je nutno zjistit čas svařování a čas manipulace. Sečtením těchto dvou hodnot získáme celkový čas svařování:

$$x [s] = \text{čas manipulace} [s] + \text{čas svařování} [s] \quad (1)$$

Pro výpočet nákladů ve firmě A se celkový čas svařování odhaduje dlouholetými zkušenostmi technologa svařování.

Pro výpočet ceny svařování je nutné použít celkový čas svařování a sazbu firmy. Ve firmě A jde o sazbu 15 CZK/min (900 CZK/hod) a patří sem přímé mzdy, což jsou mzdy svářečů, dále sem patří režie pro pracovníky THP (technickohospodářský pracovník), odpisy všech strojů, energie (topení, osvětlení, elektřina) v hale či svařovně. Sazba se může během roku několikrát změnit, a to z důvodu změny ceny energií a nárůstu mezd. Ceny energií, přídatného

materiálu a ochranných plynů má na starosti oddělení strategického nákupu, který na tyto položky vyhlašuje výběrová řízení.

Výpočet ceny pro svařování:

$$x \text{ [CZK]} = \frac{\text{celkový čas svařování [s]}}{60} \cdot \text{sazba firmy [CZK/min]} \quad (2)$$

Pro získání celkových nákladů pro svařování, je nutno zjistit cenu za přídatný materiál a za ochranný plyn – pokud byl při svařování použit.

Spotřeba přídatného materiálu se nejpřesněji spočítá kalkulačkou Boehler. Postup je popsán v kapitole 1.3. Spotřeba v kalkulačce je spočtena v metrech. Je nutné metry drátu přepočítat na kilogramy, což je MJ pro cenu PM. Kolik váží jeden metr PM ovlivňuje průměr drátu a jeho složení.

$$x \text{ [CZK]} = \text{spotřeba PM [kg]} \cdot \text{cena za MJ [CZK]} \quad (3)$$

Spotřeba ochranného plynu při svařování závisí na průtoku plynu a na času svařování:

$$x \text{ [l]} = \frac{\text{čas svařování [s]}}{60} \cdot \text{průtok plynu [l/min]} \quad (4)$$

Výpočet ceny ochranného plynu závisí na spotřebě plynu a na ceně za litr použitého média:

$$x \text{ [CZK]} = \left[ \frac{\text{spotřeba plynu [l]}}{\text{objem plynu v lahvi [l]}} \right] \cdot \text{cena za l plynu [CZK]} \quad (5)$$

Celková cena pro svařování se spočítá součtem cen pro samotné svařování, pro PM a pro ochranný plyn:

$$x \text{ [CZK]} = \text{cena samotného svařování [CZK]} + \text{cena PM [CZK]} + \text{cena plynu [CZK]} \quad (6)$$

Po svařování bývají svary často zabroušeny a začištěny. V takovémto případě norma záleží na délce svaru a na sazbě ve firmě pro takovéto operace – ve firmě A je tato sazba 15 CZK/min.

Jako další operace v pořadí u mnoha výrobků ve firmě A bývá kalibrace. Ta se provádí na speciálním kalibračním přípravku. Tato kalibrace zamezuje oválnosti svařenců a roztahuje je na přesný průměr. Norma je stanovena průměrem a délkou dílu, tloušťkou materiálu a sazbou firmy. V tomto případě se jedná o sazbu 20 CZK/min:

$$x \text{ [CZK]} = \text{norma [min]} \cdot \text{sazba firmy pro kalibraci [CZK/min]} \quad (7)$$

Další operací je lakování. Cena za samotnou barvu se vypočte z plochy dílce, průměrné spotřeby barvy na 1 m<sup>2</sup> a ceny barvy pro MJ (MJ je ve většině případů 1 kg):

$$x \text{ [CZK]} = \text{povrch dílu [m}^2\text{]} \cdot \text{spotřeba barvy na 1 m}^2 \text{ [kg]} \cdot \text{cena barvy za MJ [CZK]} \quad (8)$$

Pro celkovou cenu lakování je nutné znát normu, za kterou se nalakuje jeden kus výrobku, sazbu firmy pro lakování a cenu barvy:

$$x \text{ [CZK]} = \text{norma [min]} \cdot \text{sazba firmy [CZK/min]} + \text{cena barvy [CZK]} \quad (9)$$

Norma pro lakování dílce je dána jeho plochou:

Tabulka 22 Normy pro lakování dle plochy dílce

| Plocha dílce<br>[m <sup>2</sup> ] | Norma pro lakování<br>[min] |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| do 0,1                            | 0,32                        |
| do 0,25                           | 0,42                        |
| do 0,4                            | 0,64                        |
| do 0,55                           | 0,96                        |
| do 0,6                            | 1,32                        |
| do 0,75...                        | 1,42...                     |

Celková cena dílce se spočítá sečtením ceny za materiál, ceny pro náhradní technologii a zámečnickou dílnu, cenu pro svařování a cenu za lakování:

$$x \text{ [CZK]} = \text{cena NT [CZK]} + \text{cena svařování [CZK]} + \text{cena lakování [CZK]} \quad (10)$$



kalkulaci, tak i technologickou přípravu výroby. Na základě NC programu zjistí potřebné informace ke kalkulaci – počet kusů na tabuli plechu, čas vysekávání celé tabule, čas vysekání jednoho kusu a čistou váhu kusu.

Nabídka č.: 463990      Ze dne: 15/03/2018  
Poptávka kupujícího: EMAIL 150318

Strana: 1

---

**Prodávající:**  
Kontaktní adresa pobočky:

**Platební podmínky:**  
DíČ:  
Způsob platby:      Platební příkaz  
Splatnost:      90 dnů po odeslání  
Úrok z prodlení:      0,05 % / den

**Kupující:**

**Místo plnění (dodání zboží):**      **Výdejní sklad:**      **Doprava:**  
DOVOZ autem zajistí prodávající

**Další ujednání:**  
Potvrzenou Kupní smlouvou obratem vratte. Děkuji.  
Dodáváme nejmenší množství 1 krabici.  
\*PLECHY VÝDAT BEZ KOROZE A MECH. POŠKOZENÍ !!!!  
\*ATESTY POUZE E-MAILEM: navratilova.al@zkl.cz  
\*KAŽDÁ POLOŽKA PLECHU NA SAMOSTATNOU PALETU S \* VÍKEM.

|  | Množství MJ | Cena za MJ | Sazba DPH % | Cena celkem bez DPH | Měna |
|--|-------------|------------|-------------|---------------------|------|
| 1 PLECH VÁL.C. ZASTUDENA EN 10131, EN 10136, zn. DC01-A-m, matný, maštěný Rozměr: 1,5x1250x2500<br>Čís.položky: 250450G      Termin: 20/03/2018      368,000 KG      18,783      21 %      6 912,15      CZK<br>CN kód: 72092690      PP      Základní MJ: KG<br>10 TABULÍ |             |            |             |                     |      |

Obrázek 9 Náhled nabídky na plech DC01 v tloušťce 1,5 mm

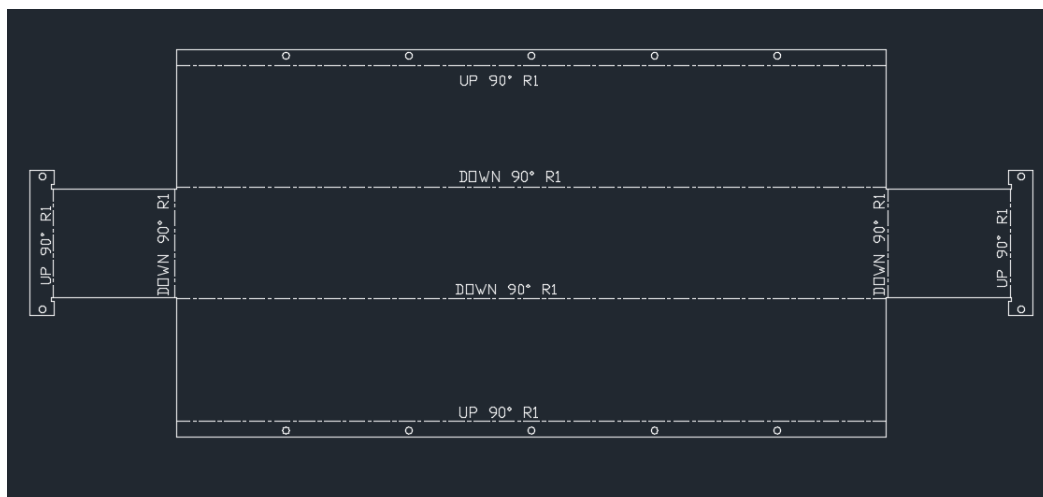
V programu dílu od programátora lze zjistit, že tento díl váží 2,376 kg a na tabuli 1250x2500 mm se vleze 6 kusů dílu. Pro výpočet materiálu toto jsou téměř všechny potřebné informace, jen ještě chybí výkupní cena odpadu. Ve firmě A se počítá odpad pro železo 2 CZK/KG. V tuto chvíli může technolog začít dělat kalkulaci.

| Číslo výkresu | Jakost nabízeného materiálu | Formát použité tabule plechu | Váha tabule | Cena za kg plechu | Čistá váha 1ks | Počet ks na tabuli | Odpad   | Cena materiál |
|---------------|-----------------------------|------------------------------|-------------|-------------------|----------------|--------------------|---------|---------------|
| Cover         | Fe DC01                     | 1,5x1250x2500                | 39,79       | 18,8 Kč           | 2,558          | 7                  | 6,25 Kč | 100,52 Kč     |

Obrázek 10 Cena materiálu u dílu Cover

Dále v programu lze naléznout strojní čas, to je čas, za který stroj vyseká rozvin dílu. V tomhle případě jde o čas 0,73 min. Práce za vysekání se ve firmě A určuje tarifem. Tarif je pro děrování 19 CZK/min a je v tom započítána práce obsluhy vysekávacího lisu i energie, kterou stroj odebírá. Na tomto dílu po děrování přichází další operace, a to ohyb. Nachází se zde

8 ohybů, viz obrázek 9:



Obrázek 11 Rozvin dílu Cover

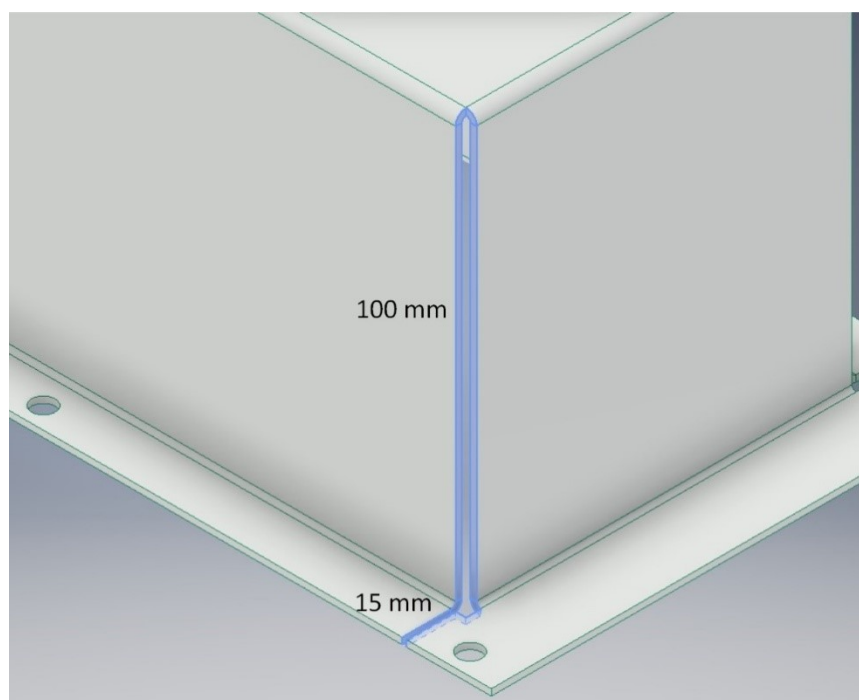
Kalkulace pro ohyb bývá založena na složitosti ohybu. Záleží také na jeho velikosti a délce, ale standardní norma je 0,2 min za 1 ohyb a platí to i v tomto případě. Cenový tarif pro ohyby je ve firmě A 15 CZK/min a je v něm opět započítána práce obsluhy ohraňovacího lisu i energie stroje.

| Počet seřízení | Cena seřízení | Strojní čas | Tarif (kč/min) | Cena LASER / PUNCH | Odjehlení | Lisovací prvky | Závity | Prolisy | Ohyb    |
|----------------|---------------|-------------|----------------|--------------------|-----------|----------------|--------|---------|---------|
| 2              | 180 Kč        | 0,73        | 19 Kč          | 18,03 Kč           | 0,00      | 0 Kč           | 0 Kč   | 0,0 Kč  | 32,0 Kč |

Obrázek 12 Kalkulace za děrování a ohyb

Nyní je spočítána cena za materiál a za práci na náhradní technologii. U tohoto dílu se neobjevují závity, lisovací prvky či prolisy a ani není nutné díl brousit. V tento moment se jedná o cenu 150,91 Kč. Jakmile je spočítán tento základ, lze začít počítat svařování. Svařuje se metodou MAG, a to na svářečce Fronius Vario Star 317.

Na tomto dílu se svařují čtyři rohy – viz obrázek 13. Detail rohu, který se má svařovat, je na obrázku 13:



Obrázek 13 Detail rohu ohnutého Coveru

Ve 3D programu pomocí vytvořeného modelu dílu lze změřit, že se budou svařovat čtyři rohy o celkové délce 460 mm s mezerou 1 mm. Aby bylo jasné, kolik CZK bude stát samotný čas svařování dle sazby firmy A (sazba 15 CZK/min), je nutné zjistit, za jak dlouho se tyto délky svaří. Pro přesně spočítané náklady svařování byl proveden pokus. Pro pokus se vysekal a ohnul právě díl Cover. Nastavily se stejné parametry, jakými se běžně tento díl svařuje. Mezi tyto parametry patří spotřeba drátu – 2,5 m/min a spotřeba média (plynu) – 15 l/min. Jako přídatný materiál je použit drát G3Si1 o průměru 0,8 mm, u kterého stojí 1 kilogram drátu 33 CZK.

| Kód                    | Název položky            | Název 2 | Název 4 | Odhadovaný roční objem | MJ | Vybraný dod.  | Nová cena |
|------------------------|--------------------------|---------|---------|------------------------|----|---------------|-----------|
| 5184603124100800000000 | Svař. drát pr. 0,8 G3Si1 |         | cívka   | 150                    | kg | Krako-welding | 33,00     |

Obrázek 14 Výňatek z výběrového řízení pro svařovací dráty firmy A

Po skončení pokusu bylo zjištěno, že čistý čas svařování je 1,06 minut. Pracovník, který kalkuluje svařování, musí počítat s tím, že když se nejedná o rovný svar, svářeč musí se svařovaným dílem manipulovat, aby docílil co nejlepší polohy pro vytvoření svaru. Jelikož se nejedná o dlouhý svar, díl se svařuje dvoutaktem, tzn., že pro chod svářečky je nutno stisknout tlačítko na hořáku, držet ho po dobu svařování a pro zastavení svářečky se tlačítko pustí. Pokud by se jednalo o čtyřtakt, tlačítko by se pouze zmáčklo a pro vypnutí zmáčklo znovu. Čtyřtakt se ale používá pouze pro dlouhé svary. Konkrétně u svařence Cover: svářeč vodorovně svaří délku 100 mm. Poté si musí sundat svářečskou kukli, položit svářecí hořák a otočit díl tak, aby mohl vodorovně svařovat délku 15 mm. Čas, který mu zabere tato práce,

trvá 10 vteřin (pozn. bylo měřeno stopkami). Další čas, který bylo nutno změřit stopkami je ten, za jak dlouho celou krabici přetočí na další roh. Opět si svářeč musí sundat kukli, položit hořák a otáčí do požadované polohy. Tato práce mu zabere 20 vteřin. Následně svaří druhý roh, znovu otočí, svaří třetí roh, znovu otočí a svaří čtvrtý roh. Tato práce mu trvá přesně:

$$x = 10 \cdot 4 + 20 \cdot 3 + 64 = 100 + 64 = 164 \text{ s}$$

Pro výpočet ceny pro samotné svařování (s otáčením svařence) použijí sazbu firmy 15 CZK/min. Výpočet podle rovnice 2 bude:

$$x = \frac{164}{60} \cdot 15 = 41 \text{ CZK}$$

Dále je nutno spočítat spotřebu plynu a svařovacího drátu. Jako přídatný materiál je použit drát o průměru 0,8 mm G3Si1 a jako plyn se používá směs plynů – 18 % CO<sub>2</sub>, zbytek argon. Používá se plyn s označením Ferroline C18.

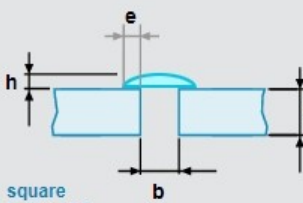
Přídatný materiál – drát G3Si1 je dodáván v cívce. Z výběrového řízení lze zjistit, že se 1 kg cívky odebírá za 33 CZK. Pomocí kalkulačky Boehler lze zjistit spotřebu přídatného drátu. Je nutno zadat tyto parametry svaru:

- Sheet thickness (t) – tloušťka plechu,
- rootgab (b) – mezera mezi dvěma svařovanými plochami,
- reinforcement (h) – převýšení,
- seamlength (l) – délka svaru (pozor, zadává se v metrech),
- penetration (e) – přesah

Dále se zadá hustota, u Coveru, který je z oceli DC01, zadáváme hustotu pro ocel a ta je 7,85 g/cm<sup>3</sup>. Jako tloušťku zadáme 1,5 mm, mezeru 1 mm a délku svaru 0.46 m. Vyběhne zde krok 4, ve kterém ještě je nutno zadat průměr přídatného materiálu. V tomto případě se jedná o svařovací drát o průměru 0,8 mm. Nesmí se opomenout minimální ztráta drátu – „loss“ a to při odstřihnutí začátku drátu kombinovanými kleštěmi. Většinou se jedná o několik milimetrů drátu, a to například v případě nové cívky. Zde je ztráta nulová.



**Step 3: Enter your values for the calculation**



Please use decimals separated by a dot!

|                     |          |                    |        |
|---------------------|----------|--------------------|--------|
| dimensions          |          |                    |        |
| sheet thickness (t) | 1.5 mm   | seam length (l)    | 0.46 m |
| root gap (b)        | 1 mm     | penetration (e)    | 0 mm   |
| reinforcement (h)   | 0 mm     | Steel (7.85 g/cm³) |        |
| seam cross section  | 0.02 cm² | volume             | 1 cm³  |
| seam weight         | 0.01 kg  | cap pass           |        |
|                     |          | total volume       | 1 cm³  |

**Calculate requirement**

**Step 4: Calculation of welding material required**

wire diameter: 0.8 mm

loss / gain: 0%

Based on your details, the following values were calculated:

weight of weld: 0.01 kg

filler metal requirement: 0.01 kg ≈ 2 m wire electrode

**Obrázek 15 Spotřeba PM pro Cover**

Pro výpočet ceny přídatného materiálu je nutno metry spotřebovaného drátu převést na metry. Jeden metr tohoto drátu váží 0,005 kg. Spotřeba přídatného materiálu dle kalkulačky Boehler vyšla 2 metry.

$$x = 2 \cdot 0,005 \cdot 33 = 0,33 \text{ CZK}$$

Ochranný plyn Ferrolin se dodává na svařovnu pomocí tlakového potrubí, které vede ze skladu, kde jsou uskladněny svazky lahví s ochranným plynem. V tomto případě jde o svazky po 12 kusech, kde každá láhev má objem 50 l. Celý svazek stojí 10 000 CZK.

V jedné láhvi je tedy 50 l vodního objemu – nesmí se splést s objemem plynu. V jedné láhvi se nachází cca 10,5 m³ stlačeného plynu (pozn. řečeno přímo dodavatelem). Součinem zjistíme, že se v jedné láhvi nachází 10 500 l plynu. Při průtoku 15 l plynu/min jsme schopni spočítat podle rovnice 4 spotřebu plynu a podle rovnice 5 jeho cenu.

$$x = \frac{64}{60} \cdot 15 = 16 \text{ l}$$

$$x = \left[ \frac{\left( \frac{16}{10500} \right)}{600} \right] \cdot 10000 = 0,025 \text{ CZK}$$

Celkové náklady za svařování tedy činí:

$$x = 41 + 0,5 + 0,025 = 41,52 \text{ CZK}$$

Z pokusu lze zjistit, že náklady na svařování jsou 41,52 CZK. Při výpočtu nákladů se ale téměř nikdy neprovádí takovéto pokusy. Při kalkulaci toho dílu byl čas svařování jednoho kusu odhadnut na tři minuty dlouholetými zkušenostmi technologa svařování. Jak moc se liší od skutečnosti lze zjistit po zadání 180 vteřin jako čas svařování do výpočtové tabulky v MS Excel – na obrázku 17. Cena se liší o 4 CZK.

| COVER                     |        |                   |       |     |                        |
|---------------------------|--------|-------------------|-------|-----|------------------------|
| sazba firmy               | 15     | [CZK/min]         |       |     |                        |
| čas svař:                 | 64     | [s]               |       |     |                        |
| čas manipulace            | 100    | [s]               |       |     |                        |
| celkový čas svařování     | 164    | [s]               |       |     |                        |
| cena svařování            |        | 41                | CZK   |     |                        |
| parametry drátu           | 2      | [m/min]           |       |     |                        |
| cena drátu                | 33     | [kg/CZK]          |       |     |                        |
| spotřeba drátu            | 2,00   | [m]               |       |     |                        |
| váha drátu pr.0,8 G3Si1   | 0,005  | [kg]              |       |     | ← z kalkulačky Boehler |
| cena drátu                |        | 0,33              | [CZK] |     |                        |
| parametr plynu            | 15     | [l/min]           |       |     |                        |
| cena plynu (l=vodní obj.) | 10 000 | [600 l/CZK]       |       |     |                        |
| objem plynu v 1 láhvi     | 10,5   | [m <sup>3</sup> ] | 10500 | [l] |                        |
| spotřeba plynu            | 16     | [l]               |       |     |                        |
| cena plynu                |        | 0,025             | [CZK] |     |                        |

Celková cena pro svařování:

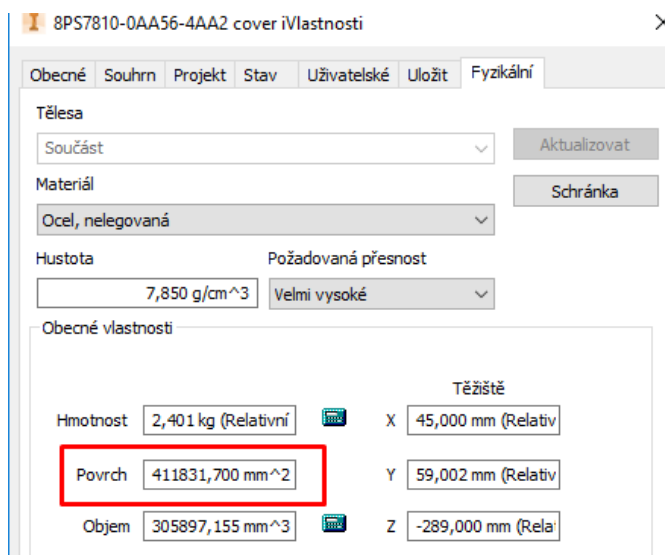
41,36 CZK

Obrázek 16 Přesný výpočet nákladů svařování pro Cover v MS Excel

| COVER                     |        |                   |                             |     |  |
|---------------------------|--------|-------------------|-----------------------------|-----|--|
| sazba firmy               | 15     | [CZK/min]         | Celková cena pro svařování: |     |  |
| čas svař:                 | 64     | [s]               |                             |     |  |
| čas manipulace            | 100    | [s]               | 45,36 CZK                   |     |  |
| celkový čas svařování     | 180    | [s]               |                             |     |  |
| cena svařování            | 45     | CZK               |                             |     |  |
| parametry drátu           | 2      | [m/min]           |                             |     |  |
| cena drátu                | 33     | [kg/CZK]          |                             |     |  |
| spotřeba drátu            | 2,00   | [m]               | ← z kalkulačky Boehler      |     |  |
| váha drátu pr.0,8 G3Si1   | 0,005  | [kg]              |                             |     |  |
| cena drátu                | 0,33   | [CZK]             |                             |     |  |
| parametr plynu            | 15     | [l/min]           |                             |     |  |
| cena plynu (l=vodní obj.) | 10 000 | [600 l/CZK]       |                             |     |  |
| objem plynu v 1 láhvi     | 10,5   | [m <sup>3</sup> ] | 10500                       | [l] |  |
| spotřeba plynu            | 16     | [l]               |                             |     |  |
| cena plynu                | 0,025  | [CZK]             |                             |     |  |

Obrázek 17 Odhadované náklady pro Cover v MS Excel

V tuto chvíli je spočítáno svařování a pro kalkulaci tohoto dílu Cover zbývá spočítat cenu za lakování. Lakování se počítá dle plochy dílce. V programu Inventor lze zjistit, že díl má povrch 411 831,7 mm<sup>2</sup>.



Obrázek 18 Povrch dílu zjištěn z programu Inventor

Na 1 m<sup>2</sup> se spotřebuje přibližně 0,25 kg barvy odstínu RAL 7035, kterou se díl lakuje. Toto je prášková barva, která se na díl nanese práškovou pistolí, poté díl putuje do pece, kde se postupně zvedá teplota až na cca 200 °C a prášková barva začíná u 100 °C měnit

své skupenství na kapalné. V peci se prach rozteče a zapeče se. Poté díl pomalu ochlazuje na vzduchu.

Povrch převedeme z  $\text{mm}^2$  na  $\text{m}^2$  a získáme množství barvy, která se spotřebuje při lakování celého dílu. Náklady na barvu, která je v balení po 25 kg, jsou 120,82 CZK/KG. Podle rovnice 8 vypočteme náklady na barvu RAL 7035:

$$x = 0,4118317 \cdot 0,25 \cdot 120,82 = 12,44 \text{ CZK}$$

Norma pro lakování tohoto dílce je 0,96 min. U lakování, stejně jako u svařování se počítá s určitou sazbou. Ta je stejně jako u svařování 15 CZK/min. Celkovou cenu za lakování zjistíme výpočtem podle rovnice 9:

$$x = 0,96 \cdot 15 + 12,44 = 26,84 \text{ CZK}$$

LAKOVÁNÍ ↓↓

|                                  |              |                   |         |                  |
|----------------------------------|--------------|-------------------|---------|------------------|
| povrch dílu                      | 411831,7     | [ $\text{mm}^2$ ] | 0,41183 | [ $\text{m}^2$ ] |
| spotřeba barvy na 1 $\text{m}^2$ | 0,25         | [kg]              |         |                  |
| spotřeba barvy na díl            | 0,103        | [kg]              |         |                  |
| cena barvy RAL 7035              | 120,82       | [CZK/kg]          |         |                  |
| <b>cena za barvu</b>             | <b>12,44</b> | <b>[CZK]</b>      |         |                  |
| norma lakování                   | 0,96         | [min]             |         |                  |
| sazba                            | 15           | [CZK/min]         |         |                  |
| <b>celková cena za lakování</b>  | <b>26,84</b> | <b>[CZK]</b>      |         |                  |

Obrázek 19 Výpočet nákladů pro lakování u Coveru

Nyní můžeme podle rovnice 10 určit přesnou cenu dílce:

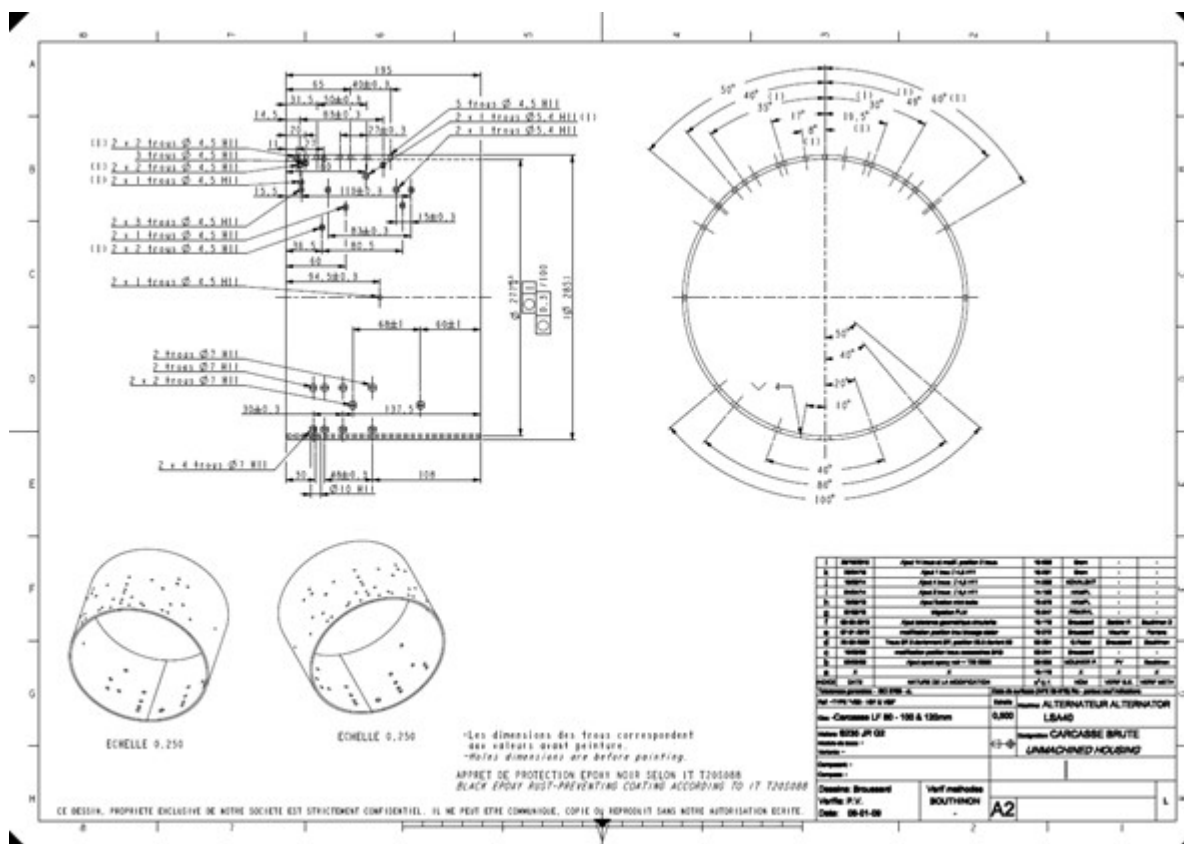
$$x = 151,91 + 41,36 + 26,84 = \mathbf{219,10 \text{ CZK}}$$

|                             |
|-----------------------------|
| <b>Celková cena za díl:</b> |
| <b>219,10 Kč</b>            |

Obrázek 20 Celkové přesné náklady pro Cover

### Kalkulace dílu kostra

Další z mnoha svařenců, které firma A vyrábí, je tzv. kostra. Jedná se o ocelový svařenec, jakosti S235, který má tloušťku 4 mm a který se využívá jako plášť alternátoru.



Obrázek 21 Schéma dílu Kostra

Výroba dílu Kostra začíná opět na dílně náhradní technologie. Nyní ale ne na vysekávacích

|     |                        |                         |                            |          |          |
|-----|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------|----------|
| 124 | 5184651370400200123500 | Plech 4 x 900 x 2000 mm | S235JRC+N, žíhaný (11 375) | 15,07 Kč | 15,07 Kč |
| 125 | 6104651370400200123500 | Plech 4 x 900 x 2000 mm | S235JRC+N, žíhaný (11 375) | 15,07 Kč | 15,07 Kč |

Obrázek 22 Výňatek z výběrového řízení ocelových plechů ve firmě A

lisech, ale je použita technologie laserového řezání, konkrétně na laseru s označením TruLaser 3030 Fiber. Zde taky začíná kalkulace samotného dílu. Jako první musí programátor laseru udělat program, podle kterého laser vypálí daný rozvin dílu. Tento program se pro kalkulaci musí dostat k technologovi, který díl počítá. Dle programu lze zjistit veškeré informace, které jsou důležité pro výslednou kalkulaci pro výrobu na náhradní technologii. Mezi tyto informace patří počet kusů na jednu tabuli plechu, čistá hmotnost jednoho kusu a strojní čas – tj. čas, jak dlouho trvá řezání laserovým paprskem pro jeden kus rozvinu kostry. Dále je důležitá cena materiálu za 1 kg. Tuto cenu zjistíme z výběrového řízení, které dělá opět pracovník z oddělení strategického nákupu.



Obrázek 23 TruLaser ve firmě A

Stejně

jako při kalkulaci na vysekávacím lise, tak i laser má svůj vlastní tarif, který je 35 CZK/min (odpisy strojů, mzdy, energie...). Stejně tak má svůj tarif zakružovačka FACCIN 4HEL, která tento tarif má 20 CZK/min a na které je následující operace – zakružení pláště.

| Číslo výkresu | Jakost nabízeného materiálu | Formát použité tabule plechu | Váha tabule | Cena za kg plechu | Čistá váha 1ks | Počet ks na tabuli | Odpad   | Cena materiálu |
|---------------|-----------------------------|------------------------------|-------------|-------------------|----------------|--------------------|---------|----------------|
| <b>Kostrá</b> | Fe S235                     | 4x900x2000                   | 56,52       | 15,1 Kč           | 5,288          | 10                 | 0,73 Kč | 84,62 Kč       |

Obrázek 24 Kalkulace materiálu pro Kostru

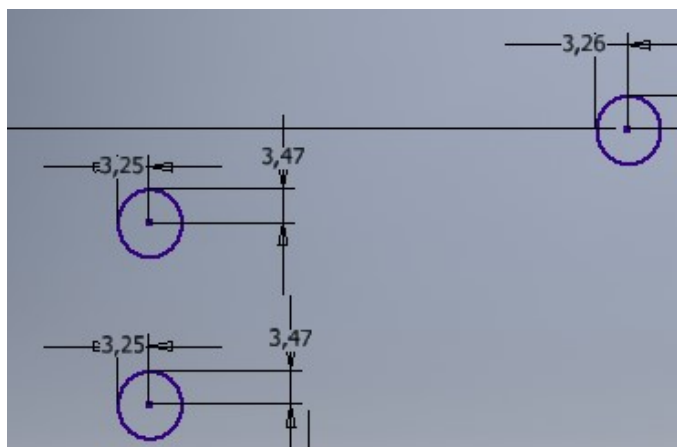
Z programu lze zjistit, že se díl termicky dělí laserem 1,28 min. Kostra se zakružuje 1,961 min. (pozn. zakružení bylo měřeno stopkami).

| Počet seřízení | Cena seřízení | Strojní čas | Tarif (kč/min) | Cena LASER / PUNCH | Odjehlení | Lisovací prvky | Závity | Prolisy | Zakružování | Celkem    |
|----------------|---------------|-------------|----------------|--------------------|-----------|----------------|--------|---------|-------------|-----------|
| 2              | 180 Kč        | 1,28        | 19 Kč          | 31,62 Kč           | 0,00      | 0 Kč           | 0 Kč   | 0,0 Kč  | 29,4 Kč     | 145,99 Kč |

Obrázek 25 Kalkulace pálení a zakružování Kostry

Při zakružování těchto Koster ale nastal problém v tom, že se původně kulaté otvory začaly deformovat. Aby se tomu zamezilo, musely se začít otvory začít pálit ne jako kružnice, ale jako ovály. Jelikož mají kruhové otvory určitou toleranci H11, bylo nutné tento postup několikrát vyzkoušet, dokud tyto otvory po stočení nesplnily příslušnou tolerance.





Obrázek 26 Oválné otvory v rozvinu Kostry

Další operací je svařování pláště. Tato operace se provádí na svařovacím robotu KUKA KR-16. Pro přesný výpočet nákladů byl opět proveden pokus se vzorkem Kostry. Celkový proces svařování trvá 3 minuty (pozn. bylo měřeno stopkami). Do tohoto procesu spadá manipulace s kostrou, její samotné svařování, čištění a zabroušení svaru. Při kalkulaci svařování u Coveru, který byl spočítán v předchozí kapitole, byla v programu MS Excel vytvořena tabulka s výpočty, kde stačí zadat pouze parametry svařování, svařovací čas, případně čas otáčení neboli čas manipulace se svařencem a čas začištění či zabroušení svaru.

V tomto případě se začíná s ukotvením stočeného pláště do robota. Tento čas, který provádí zodpovědná osoba – operátor, trvá 45 vteřin. Po stáčení pláště přichází na řadu zapnutí svařovacího robota a ten svařuje délku 225 mm 40 vteřin. Poté následuje vyjmutí již svařeného kusu, které trvá 20 vteřin. Následuje začištění a zabroušení konce svarů úhlovou brusku, tyto operace trvají 75 vteřin.

Parametry, podle kterých robot svařuje, jsou uloženy v paměti robota. Pokud se něco svařuje poprvé, parametry do paměti zadává programátor či seřizovač. Operátorovi tedy stačí znát číslo programu, pod kterým jsou parametry pro daný svařenec uloženy. Samozřejmě je k dispozici kniha programů, která obsahuje popis programů, včetně WPS.

Formulář: kniha programů - svařovací robot kuka

| Svářecí robot kuka           |           |
|------------------------------|-----------|
| Program                      | 225       |
| Číslo výrobku                | 545-04015 |
| Č. pracoviště otočného stolu | (3,4)     |
| Síla materiálu               | 4,111     |
| Délka svaru                  | 225       |
| Rychlost posuvu drátu        | 5,7       |
| Ampéry                       | 2,16      |

Obrázek 27 Náhled do knihy programů u svařovacího robota KUKA

Parametry, které jsou důležité pro kalkulaci – v tomto případě posuv drátu, ten je v tomto případě 5,7 m/min a dále ochranný plyn – 18 l/min.

Při svařování kostry se jako přídavný materiál používá svařovací drát G3Si1 o průměru 1,0 mm. Ochranný plyn je stejný jako v předchozím případě – je přiváděn centrálním systémem tlakového potrubí.

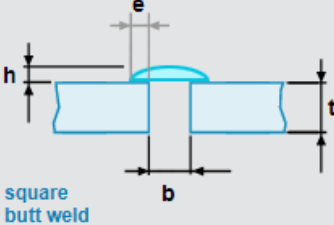
| Kód                    | Název položky                | Název 2      | Název 4 | Odhadovaný roční objem | MJ | Vybraný dod. | Nová cena |
|------------------------|------------------------------|--------------|---------|------------------------|----|--------------|-----------|
| 5184603124101000000000 | Svař. drát pr. 1,0 mm -G3Si1 | OK AristoRod | cívka   | 4000                   | kg | Arcimpex     | 34,90     |

Obrázek 28 Výřez z výběrového řízení pro svařovací dráty ve firmě A

Pro výpočet spotřeby přídavného materiálu je využita kalkulačka Boehler. Jedná se opět o tupý svar. Zadájí se zde stejné parametry, jako se zadaly pro výpočet spotřeby u Coveru.

**Step 3: Enter your values for the calculation**

Please use decimals separated by a dot!



**dimensions**

sheet thickness (t)

root gap (b)

reinforcement (h)

seam cross section

seam weight

seam length (l)

penetration (e)

Steel (7.85 g/cm³)

volume

cap pass

total volume

**Calculate requirement**

**Step 4: Calculation of welding material required**

wire diameter

loss / gain

Based on your details, the following values were calculated:

weight of weld: 0.02 kg

filler metal requirement: 0.02 kg ≈ 4 m wire electrode

Obrázek 29 Výpočet spotřeby přídavného materiálu pro kostru

Kostra má tloušťku plechu 4 mm a mezera mezi svařovanými plochami je také 4 mm. Délka svaru je dána podle výkresu – 195 mm. Dále se jedná opět o ocel, takže hustota zůstává na hodnotě 7,85 g/cm³. Jako poslední parametr se zadá průmět drátu, který je 1,0 mm, ztráta je zde opět nulová.

Co je zde navíc oproti předchozímu případu, tak začištění a zabroušení svaru. Ve firmě A se pro tyto operace opět používá sazba 15 CZK/min.



Nyní jsou k dispozici všechny potřebné informace, které byly potřeba k vyplnění tabulky v MS Excel, a tedy k celkové kalkulaci operace svařování.

**KOSTRA F40-0-014**

|                       |     |           |
|-----------------------|-----|-----------|
| sazba firmy           | 15  | [CZK/min] |
| čas svař:             | 40  | [s]       |
| čas manipulace        | 65  | [s]       |
| celkový čas svařování | 105 | [s]       |

|                                    |
|------------------------------------|
| <b>Celková cena pro svařování:</b> |
|------------------------------------|

|                  |
|------------------|
| <b>45,85</b> CZK |
|------------------|

|                       |              |            |
|-----------------------|--------------|------------|
| <b>cena svařování</b> | <b>26,25</b> | <b>CZK</b> |
|-----------------------|--------------|------------|

|                 |      |          |
|-----------------|------|----------|
| parametry drátu | 5,7  | [m/min]  |
| cena drátu      | 34,9 | [kg/CZK] |

|                       |       |      |
|-----------------------|-------|------|
| spotřeba drátu        | 4,00  | [m]  |
| váha drátu pr.1 G3Si1 | 0,006 | [kg] |

|                   |               |              |
|-------------------|---------------|--------------|
| <b>cena drátu</b> | <b>0,8376</b> | <b>[CZK]</b> |
|-------------------|---------------|--------------|

|                          |        |                             |
|--------------------------|--------|-----------------------------|
| parametr plynu           | 18     | [l/min]                     |
| cena plynu (l=vodní obj. | 10 000 | 600 l/CZK]                  |
| objem plynu v 1 láhvi    | 10,5   | [m <sup>3</sup> ] 10500 [l] |

|                   |              |              |
|-------------------|--------------|--------------|
| spotřeba plynu    | 10           | [l]          |
| <b>cena plynu</b> | <b>0,016</b> | <b>[CZK]</b> |

|                             |              |              |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| začištění + zabroušení      | 75           | [s]          |
| <b>cena za začiš.+zabr.</b> | <b>18,75</b> | <b>[CZK]</b> |

Obrázek 30 Přesný výpočet nákladů svařování pro Kostru v MS Excel

Při výpočtu nákladů Kostry byl celkový čas svařování odhadnut na 2,5 minut. Cena se od přesného výpočtu liší o 11,29 CZK.

## KOSTRA F40-0-014

|                       |     |           |
|-----------------------|-----|-----------|
| sazba firmy           | 15  | [CZK/min] |
| čas svař:             | 40  | [s]       |
| čas manipulace        | 65  | [s]       |
| celkový čas svařování | 150 | [s]       |

Celková cena pro svařování:

57,10 CZK

|                |      |     |
|----------------|------|-----|
| cena svařování | 37,5 | CZK |
|----------------|------|-----|

|                 |      |          |
|-----------------|------|----------|
| parametry drátu | 5,7  | [m/min]  |
| cena drátu      | 34,9 | [kg/CZK] |

|                       |       |      |
|-----------------------|-------|------|
| spotřeba drátu        | 4,00  | [m]  |
| váha drátu pr.1 G3Si1 | 0,006 | [kg] |

|            |        |       |
|------------|--------|-------|
| cena drátu | 0,8376 | [CZK] |
|------------|--------|-------|

|                          |        |                   |
|--------------------------|--------|-------------------|
| parametr plynu           | 18     | [l/min]           |
| cena plynu (l=vodní obj. | 10 000 | 600 l/CZK]        |
| objem plynu v 1 láhvi    | 10,5   | [m <sup>3</sup> ] |
|                          | 10500  | [l]               |

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| spotřeba plynu | 10    | [l]   |
| cena plynu     | 0,016 | [CZK] |

|                        |       |       |
|------------------------|-------|-------|
| začištění + zabroušení | 75    | [s]   |
| cena za začis.+zabr.   | 18,75 | [CZK] |

Obrázek 31 Odhadované náklady pro Kostru v MS Excel

Po svařování je nutná kalibrace na speciálním kalibračním přípravku. Zde se díl roztahuje na přesný průměr – za pomoci překročení meze elasticity a také se zamezuje oválnosti svařence. Tato operace trvá 0,9 minut. Sazba (tarif) pro tuto operaci je ve firmě A 20 CZK/min. Jednoduchým výpočtem podle rovnice 10 lze cenu za tuto operaci zjistit:

$$x = 0,9 \cdot 20 = 18 \text{ CZK}$$

Jako poslední operací je práškové lakování černou hladkou barvou s označením RAL 9005. Stejně jako u Coveru se zde počítá s povrchem dílu, který opět lze nalézt v 3D programu Autodesk Inventor. Spotřeba barvy na 1 m<sup>2</sup> se v tomto případě neliší – jedná se o 100 µm barvy. Dále je nutné znát cenu barvy na 1 kg. Toto jsou všechny potřebné informace pro vyplnění tabulky v MS Excel. Po jejím vyplnění je známá cena lakování.

## KOSTRA F40-0-014

## LAKOVÁNÍ ↓↓

|                                    |              |                    |         |                   |
|------------------------------------|--------------|--------------------|---------|-------------------|
| povrch dílu                        | 348828,27    | [mm <sup>2</sup> ] | 0,34883 | [m <sup>2</sup> ] |
| spotřeba barvy na 1 m <sup>2</sup> | 0,25         | [kg]               |         |                   |
| spotřeba barvy na díl              | 0,087        | [kg]               |         |                   |
| cena barvy RAL 9005                | 174,39       | [CZK/kg]           |         |                   |
| <b>cena za barvu</b>               | <b>15,21</b> | <b>[CZK]</b>       |         |                   |
| norma lakování                     | 0,96         | [min]              |         |                   |
| sazba                              | 15           | [CZK/min]          |         |                   |

|                                 |              |              |
|---------------------------------|--------------|--------------|
| <b>celková cena za lakování</b> | <b>29,61</b> | <b>[CZK]</b> |
|---------------------------------|--------------|--------------|

|                                |           |              |
|--------------------------------|-----------|--------------|
| ostatní operace                | 0,9       | [min]        |
| sazba                          | 20        | [CZK/min]    |
| <b>cena za ostatní operace</b> | <b>18</b> | <b>[CZK]</b> |

Obrázek 32 Výpočet nákladů na lakování Kostry v MS Excel

V posledním kroku stačí všechny ceny sečíst a máme celkovou cenu pro svařovaný díl Kostra.

|                             |
|-----------------------------|
| <b>Celková cena za díl:</b> |
| <b>266,08 Kč</b>            |

Obrázek 33 Výsledné náklady pro výrobu Kostry

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření jednoduchého modelu výpočtu celkových nákladů v procesu svařování a jeho realizace na pozadí MS Excel. Model zahrnuje i výpočet nákladů pro jiné operace. Do výpočtu se zadává cena základního materiálu, která bývá často ovlivněna výběrovým řízením, které provádí oddělení strategického nákupu. Dále se do modelu zadávají normy pro výrobní operace jako je například lisování, ohýbání a případně lakování dílů, sazby pro tyto výrobní operace, cena přídatného materiálu a ochranných plynů při svařování, případně cena barvy při lakování dílu. Dále se do vzorce zadává čas svařování, který bývá velmi často nepřesný. Jeho zpřesnění se může provést při realizaci zkušební verze svařence.

Teoretická část se zabývá rozdělením základního materiálu, který se používá pro svařování. Firma A se zabývá hlavně svařováním oceli, proto se v první kapitole nachází rozdělení ocelí, ze kterých firma A vyrábí své výrobky. Dále se v teoretické části nachází rozdělení nerezových ocelí a hliníku. Druhá kapitola popisuje základní metody svařování. Další kapitola této části je věnována přídatnému materiálu. Protože se přídatný materiál používá při svařování velmi často, je zde rozebráno rozdělení těchto materiálů, z čeho se skládají a k čemu se jaký přídatný materiál používá. V následující kapitole teoretické části jsou zastoupeny ochranné plyny, které se také používají při svařování velmi často – nicméně to není podmínkou, např. u svařování výbuchem – zde se nepoužívá ochranný plyn ani přídatný materiál. Poslední kapitola je věnována energiím.

V experimentální části byl navržen obecný model výpočtů nákladů se zahrnutím výpočtu ceny základního materiálu, nákladů na lisování, svařování a lakování. Tento obecný modul lze použít v malých či středních firmách pro ověření přesnosti svých výpočtů při kalkulaci dílů, případně pro jejich zlepšení odhadů nákladů svařování. V experimentální části byl proveden výpočet na dvou typech výrobků, které byly poskytnuty firmou A. Jedná se o dva ocelové svařence, které se v této firmě vyrábí od samotného začátku. V bakalářské práci nalezneme novou kalkulaci těchto dílů, která začíná na pracovišti náhradní technologie, kde se tyto díly vysekávají na vysekávacím lisu nebo vypálí na laseru, dále se díly na tomto pracovišti brousí (pozn. jen kostra). Nejdůležitější část kalkulace byla část svařování. Kalkulace svařování byla cílem této práce. Bylo zde nutné přesně spočítat čas svařování a manipulace, zjistit potřebné parametry, které se zadávají do svářečky nebo do svařovacího robota. Časy svařování a manipulace byly měřeny stopkami na zkušebních vzorcích svařenců. Poté nastalo srovnání s odhadovaným časem při kalkulaci. Pokus ukázal, že odhadované časy firmou A, jsou velmi blízké k přesným výsledkům svařovacích časů. Dále bylo nutné zjistit, jaký přídatný materiál

a jaký ochranný plyn se při svařování těchto dílů používá a samozřejmě zjistit jejich spotřebu a cenu. Důležitý bod v kalkulaci svařování je právě spotřeba přídavného materiálu. Ta byla kalkulována kalkulačkou Boehler. Jako poslední se v kalkulaci svařenců řešila povrchová úprava, což v tomto případě bylo práškové lakování. Zde bylo nutné zjistit plochu dílu, která se má lakovat, normu lakování, sazbu a cenu barvy. Dle těchto údajů se dala vypočítat spotřeba barvy a pak i celková cena lakování. Následně se sečetly výsledky za náhradní technologii, svařovnu a lakovnu a vznikla nám konečná kalkulovaná cena pro oba svařence. Záleží každopádně

na MOQ – počet kusů dílů. Pokud se jedná o kusovou výrobu je přírážka mnohonásobně vyšší, než kdyby se jednalo o sériovou či velkosériovou výrobu v řádech několika tisíc vyrobených dílů.

Navržený model výpočtu je vhodný pro malé firmy (pro firmu A), které chtějí ověřit své ceny kalkulovaných dílů pro svařování či zpřesnit tyto kalkulace.

## Seznam použité literatury

- [1] NAVYBMR, *Welding costs* [online]. [cit. 2018-02-19]  
URL: <[http://navybmr.com/study%20material/14251a/14251A\\_ch5.pdf](http://navybmr.com/study%20material/14251a/14251A_ch5.pdf)>
- [2] LYTTLE, Kevin; GARTH STAPON, W.F. *Choosing the right consumables to reduce welding cost*. 1997
- [3] STEELGR, *Steel Grades* [online]. [cit. 2018-02-22]  
URL:<<http://www.steelgr.com/Steel-Grades/Carbon-Steel/>>
- [4] SALZGITTER, *Značení nelegovaných ocelí* [online]. [cit. 2018-02-22]  
URL:<<http://www.salzgitter.cz/index.php?page=33>>
- [5] SALZGITTER, *Značení nízkolegovaných ocelí* [online]. [cit. 2018-02-22]  
URL:<<http://www.salzgitter.cz/index.php?page=34>>
- [6] ASTMSTEEL, *Mechanical properties* [online]. [cit. 2018-02-22]  
URL:< <https://www.astmsteel.com/product/>>
- [7] BENEŠ, Libor, *Vysokolegované oceli* [online]. [cit. 2018-02-22]  
URL:< <http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/matlet/OCELI.pdf>>
- [8] I-PLECH, *NEREZ – Převodní tabulka* [online]. [cit. 2018-02-22]  
URL:<<https://www.i-plech.cz/pdf/nerez.pdf>>
- [9] STEEL NUMBER, *Mechanical properties of stainless steel* [online]. [cit. 2018-02-23]  
URL:< [http://www.steelnumber.com/en/number\\_en10027\\_eu.php](http://www.steelnumber.com/en/number_en10027_eu.php)>
- [10] ALFUN, *O hliníku* [online]. [cit. 2018-02-23]  
URL:< <http://www.alfun.cz/o-hliniku>>
- [11] E-KONSTRUKTER, *Značení slitin hliníku* [online]. [cit. 2018-02-23]  
URL:<<https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/znaceni-slitin-hliniku>>
- [12] ALFUN, *Mechanické vlastnosti hliníku* [online]. [cit. 2018-02-26]  
URL:<<http://www.alfun.cz/plechy-a-pasy>>

- [13] MINAŘÍK, Václav, *Přehled metod svařování*. 2 vydání Ostrava: Zerross – svářečské nakladatelství Ostrava, 2002, 88 s. ISBN 80-85771-95-0
- [14] ESAB, *Katalog přídatných svařovacích materiálů* [online]. [cit. 2017-12-03]  
URL:<[bcz.vamberk.eu/cd-dst-2013/PDF/1\\_pridavne\\_svarovaci/Katalog\\_CZ\\_2012.pdf](http://bcz.vamberk.eu/cd-dst-2013/PDF/1_pridavne_svarovaci/Katalog_CZ_2012.pdf)>
- [15] KOLEKTIV AUTORŮ, *Technologie svařování a zařízení*. 2 vydání. Plzeň: UNO /PRAHA spol. s. r. o., 2014, 316 s. ISBN 80-85771-81-0
- [16] BOEHLER, *Welding-Calc* [online]. [cit. 2018-04-27]  
URL:<<http://boehler-welding-service.com/voestalpine/calculator/eng/>>
- [17] TKANÝ, J. Svařování rozměrných hliníkových svařenců. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 32 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ladislav Daněk, CSc

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 1 Tabulka pro vyplnění parametrů pro koutový svar [16] .....       | 16 |
| Obrázek 2 Tabulka pro vyplnění parametrů pro oboustranný U svar [16] ..... | 17 |
| Obrázek 3 Vliv ochranného plynu na průřez svaru [4] .....                  | 18 |
| Obrázek 4 TruPunch 3000 ve firmě A .....                                   | 23 |
| Obrázek 5 TruBend 5130 ve firmě A .....                                    | 24 |
| Obrázek 6 Kalkulace materiálu pro daný výrobek .....                       | 24 |
| Obrázek 7 Kalkulace práce na NT a zámečnické dílně pro daný díl .....      | 25 |
| Obrázek 8 Výkres Coveru .....  | 28 |
| Obrázek 9 Náhled nabídky na plech DC01 v tloušťce 1,5 mm .....             | 29 |
| Obrázek 10 Cena materiálu u dílu Cover .....                               | 29 |
| Obrázek 11 Rozvin dílu Cover .....   | 30 |
| Obrázek 12 Kalkulace za děrování a ohyb .....                              | 30 |
| Obrázek 13 Detail rohu ohnutého Coveru .....                               | 31 |
| Obrázek 14 Výňatek z výběrového řízení pro svařovací dráty firmy A .....   | 31 |
| Obrázek 15 Spotřeba PM pro Cover .....                                     | 33 |
| Obrázek 16 Přesný výpočet nákladů svařování pro Cover v MS Excel .....     | 34 |
| Obrázek 17 Odhadované náklady pro Cover v MS Excel .....                   | 35 |
| Obrázek 18 Povrch dílu zjištěn z programu Inventor .....                   | 35 |
| Obrázek 19 Výpočet nákladů pro lakování u Coveru .....                     | 36 |
| Obrázek 20 Celkové přesné náklady pro Cover .....                          | 36 |
| Obrázek 21 Schéma dílu Kostra .....  | 37 |
| Obrázek 22 Výňatek z výběrového řízení ocelových plechů ve firmě A .....   | 37 |
| Obrázek 23 TruLaser ve firmě A .....                                       | 38 |
| Obrázek 24 Kalkulace materiálu pro Kostru .....                            | 38 |
| Obrázek 25 Kalkulace pálení a zakružování Kostry .....                     | 38 |
| Obrázek 26 Oválné otvory v rozvinu Kostry .....                            | 39 |
| Obrázek 27 Náhled do knihy programů u svařovacího robota KUKA .....        | 39 |
| Obrázek 28 Výřez z výběrového řízení pro svařovací dráty ve firmě A .....  | 40 |
| Obrázek 29 Výpočet spotřeby přídatného materiálu pro kostru .....          | 40 |
| Obrázek 30 Přesný výpočet nákladů svařování pro Kostru v MS Excel .....    | 41 |
| Obrázek 31 Odhadované náklady pro Kostru v MS Excel .....                  | 42 |
| Obrázek 32 Výpočet nákladů na lakování Kostry v MS Excel .....             | 43 |
| Obrázek 33 Výsledné náklady pro výrobu Kostry .....                        | 43 |



**Seznam tabulek**

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1 Rozdělení nelegovaných ocelí [3] .....                             | 9  |
| Tabulka 2 Současné ceny nelegovaných ocelí.....                              | 10 |
| Tabulka 3 Značení a mechanické vlastnosti nelegovaných ocelí [3,4].....      | 10 |
| Tabulka 4 Současné ceny nízkolegovaných ocelí.....                           | 11 |
| Tabulka 5 Značení a mechanické vlastnosti nízkolegovaných ocelí [5, 6] ..... | 11 |
| Tabulka 6 Současné ceny vysokolegovaných ocelí .....                         | 12 |
| Tabulka 7 Značení a mechanické vlastnosti vysokolegovaných ocelí [8, 9]..... | 12 |
| Tabulka 8 Současné ceny hliníku a jeho slitin.....                           | 13 |
| Tabulka 9 Značení a mechanické vlastnosti slitin hliníku [11, 12] .....      | 13 |
| Tabulka 10 Průměry a délky elektrod [14] .....                               | 15 |
| Tabulka 11 Průměry drátů [14].....   | 15 |
| Tabulka 12 Výťažnost vybraných elektrod [14] .....                           | 16 |
| Tabulka 13 Ochranné plyny při svařování.....                                 | 17 |
| Tabulka 14 Současné ceny ochranných plynů .....                              | 19 |
| Tabulka 15 Průtok plynu pro různé materiály při různých metodách .....       | 19 |
| Tabulka 16 Tloušťky svitků ve firmě A .....                                  | 21 |
| Tabulka 17 Tloušťky plechů ve firmě A.....                                   | 21 |
| Tabulka 18 Průměry kruhových tyčí .....                                      | 21 |
| Tabulka 19 Vybrané rozměry plochých tyčí.....                                | 22 |
| Tabulka 20 Rozměry šestihranných tyčí.....                                   | 22 |
| Tabulka 21 Současná výkupní cena pro dané materiály .....                    | 25 |
| Tabulka 22 Normy pro lakování dle plochy dílce .....                         | 27 |